(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Mai 2015 (07.05.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/062604 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16D 23/12 (2006.01) *F16D 28/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200564

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Oktober 2014 (17.10.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 221 909.1
29. Oktober 2013 (29.10.2013) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **REIMNITZ, Dirk**; Am Eisweiher 19, 77815 Bühl (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

(54) **Title**: FRICTION CLUTCH HAVING AN ACTUATION DEVICE

(54) **Bezeichnung** : REIBUNGSKUPPLUNG MIT BETÄTIGUNGSVORRICHTUNG

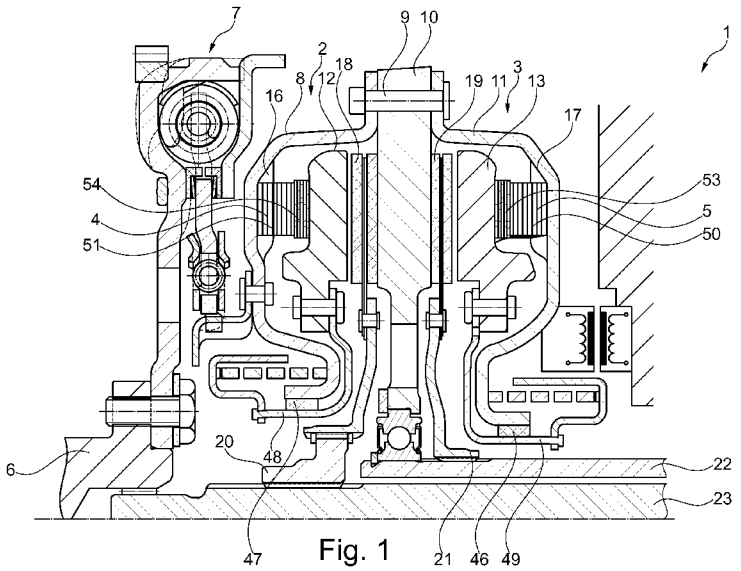


Fig. 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a friction clutch (1) having an actuation device (4, 5). The friction clutch has a pressure plate (12, 13), a counter-pressure plate (10) and a clutch cover (8, 11), wherein a clutch disc (18, 19) can be accommodated between the pressure plate and the counter-pressure plate, wherein the pressure plate is annular, the actuation device has a respective ramp device (16, 17) on the pressure plate and on the clutch cover between the pressure plate and the clutch cover, for axial displacement of the pressure plate, and the actuation device furthermore has an actuator for rotating the pressure plate in the circumferential direction in relation to the clutch cover, wherein the actuator is supported between the two ramp devices.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/062604 A1

Reibungskupplung (1) mit einer Betätigungsvorrichtung (4, 5), die Reibungskupplung weist eine Druckplatte (12, 13), eine Gegendruckplatte (10) und einen Kupplungsdeckel (8, 11) auf, wobei zwischen Druckplatte und Gegendruckplatte eine Kupplungsscheibe (18, 19) aufnehmbar ist, wobei die Druckplatte ringförmig ausgebildet ist, die Betätigungsvorrichtung zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel an der Druckplatte und an dem Kupplungsdeckel jeweils eine Rampenvorrichtung (16, 17) aufweist, zur axialen Verlagerung der Druckplatte und die Betätigungsvorrichtung weiterhin einen Aktuator aufweist zur Verdrehung der Druckplatte in Umfangsrichtung gegenüber dem Kupplungsdeckel, wobei der Aktuator sich zwischen den beiden Rampenvorrichtungen abstützt.

Reibungskupplung mit Betätigungsvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Reibungskupplung mit Betätigungsvorrichtung, insbesondere für den Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs und ein Verfahren zur Steuerung.

Im Stand der Technik sind Reibungskupplungen hinlänglich bekannt. Dabei sind sogenannte Einfachkupplungen und Doppelkupplungen für manuell betätigbare Getriebe und für automatisierte Getriebe bekannt. Die Kupplungsbetätigung erfolgt dabei mit elektro-mechanischen der elektro-hydraulischen Betätigungsvorrichtungen, wobei die Reibungskupplung rotiert und die Betätigungsvorrichtung ortsfest angeordnet ist. Der Kontaktbereich zwischen dem rotierenden System und dem ortsfesten System ist dabei einem besonderen Verschleiß ausgesetzt.

Es ist durch die ältere Anmeldung DE 10 2013 215 024 der Anmelderin eine Reibungskupplung mit integrierter Betätigungsvorrichtung bekannt geworden, bei welcher Rampen zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel vorgesehen sind, so dass bei relativer Verdrehung zwischen Druckplatte und Kupplungsdeckel eine axiale Verlagerung der Druckplatte erfolgt.

Die Verdrehung wird dabei mittels Piezoaktuatoren durchgeführt, die mit Reibschuhen in Umfangsrichtung eine Kraft zum Verdrehen der Druckplatte auf diese ausüben. Die Kraftübertragung mittels der Reibschuhe ist dabei noch verbesserungsfähig.

Es ist die Aufgabe der Erfindung eine Reibungskupplung mit Betätigungsvorrichtung zu schaffen, welche eine unkomplizierte Betätigung erlaubt und dennoch einfach und kostengünstig aufgebaut ist. Auch ist es die Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Steuerung zu schaffen.

Die Aufgabe der Erfindung bezüglich der Reibungskupplung wird mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung betrifft eine Reibungskupplung mit einer Betätigungsvorrichtung, die Reibungskupplung weist eine Druckplatte, eine Gegendruckplatte und einen Kupplungsdeckel auf, wobei zwischen Druckplatte und Gegendruckplatte eine Kupplungsscheibe aufnehmbar ist, wobei die Druckplatte ringförmig ausgebildet ist, die Betätigungsvorrichtung zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel an der Druckplatte und an dem

Kupplungsdeckel jeweils eine Rampenvorrichtung aufweist, zur axialen Verlagerung der Druckplatte und die Betätigungsvorrichtung weiterhin einen Aktuator aufweist zur Verdrehung der Druckplatte in Umfangsrichtung gegenüber dem Kupplungsdeckel, wobei der Aktuator sich zwischen den beiden Rampenvorrichtungen abstützt.

Erfindungsgemäß ist es zweckmäßig, wenn der Aktuator zumindest ein Ausdehnungselement und/oder Verformungselement aufweist, welches zumindest ein Piezoelement oder einen Stapel von Piezoelementen aufweist. Dadurch können je nach Zusammenstellung des Stapels verschiedene Eigenschaften miteinander kombiniert werden.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn das Piezoelement einen geschichteten Aufbau aufweist.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Piezoelement Piezoscherelemente aufweist. Dadurch kann eine Scherung, also eine Verlagerung im Wesentlichen senkrecht zur Normalenrichtung erreicht werden.

Weiterhin ist es besonders zweckmäßig, wenn zumindest eine der Rampenvorrichtungen mittels eines Federpakets gebildet wird. Dadurch kann eine vorteilhafte Eigenschaft bei der Abstützung des Piezoelements erreicht werden, in dem das Federpaket in gewissen Betriebssituationen auch nachgibt.

Auch ist es vorteilhaft, wenn das Federpaket aus Federplatten besteht, die auf einer Seite glatt ausgebildet sind und auf der anderen Seite Vorsprünge aufweisen oder dass sich glatte und konturierte Federplatten abwechseln. Dadurch wird vorteilhaft eine sinusförmige Modulation erreicht.

Zur Stabilisierung ist es vorteilhaft, wenn die Federpakete mit der Druckplatte verbunden sind.

Auch ist es vorteilhaft, wenn der Kupplungsdeckel mit einem Kolben verbunden ist, welcher sich relativ zum Kupplungsdeckel verdrehen kann, wobei die deckelseitigen Rampen an dem Kolben angeordnet sind. Dadurch können Effekte aufgrund einer Reibkraft in Umfangsrichtung reduziert werden.

Auch ist es vorteilhaft, wenn die Druckplatte radial innen mit einer Zentrierhülse ausgebildet ist, welche sich radial innen an dem Kupplungsdeckel oder an dem Kolben zentrierend abstützt.

Auch ist es vorteilhaft, wenn die Betätigungsvorrichtung eine Mehrzahl von Rampenvorrichtungen und/oder eine Mehrzahl von Aktuatoren aufweist. Dadurch kann die Kraftwirkung über den Umfang der Kupplung besser verteilt werden.

Die Aufgabe der Erfindung zum Verfahren wird mit den Merkmalen von Anspruch 11 oder 12 gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Betätigung einer Reibungskupplung mittels einer Betätigungsvorrichtung, die Reibungskupplung weist eine Druckplatte, eine Gegendruckplatte und einen Kupplungsdeckel auf, wobei zwischen Druckplatte und Gegendruckplatte eine Kupplungsscheibe aufnehmbar ist, wobei die Druckplatte ringförmig ausgebildet ist, die Betätigungsvorrichtung zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel eine Anzahl von Rampenvorrichtungen aufweist, zur axialen Verlagerung der Druckplatte und die Betätigungsvorrichtung weiterhin eine Anzahl von Aktuatoren aufweist zur Verdrehung der Druckplatte in Umfangsrichtung gegenüber dem Kupplungsdeckel, wobei die Aktuatoren in Antriebsrichtung gleichzeitig betätigt werden und in Gegenrichtung zum Zurücksetzen zumindest einzelne Aktuatoren versetzt zueinander betätigt werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung betrifft weiterhin auch ein Verfahren zur Betätigung einer Reibungskupplung mittels einer Betätigungsvorrichtung, die Reibungskupplung weist eine Druckplatte, eine Gegendruckplatte und einen Kupplungsdeckel auf, wobei zwischen Druckplatte und Gegendruckplatte eine Kupplungsscheibe aufnehmbar ist, wobei die Druckplatte ringförmig ausgebildet ist, die Betätigungsvorrichtung zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel eine Anzahl von Rampenvorrichtungen aufweist, zur axialen Verlagerung der Druckplatte und die Betätigungsvorrichtung weiterhin eine Anzahl von paarweise angeordneten Aktuatoren aufweist zur Verdrehung der Druckplatte in Umfangsrichtung gegenüber dem Kupplungsdeckel, wobei zumindest die Aktuatoren eines Paares versetzt zueinander betätigt werden.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den zugehörigen Figuren näher erläutert:

Dabei zeigen:

Figur 1 eine Schnittansicht einer Doppelkupplung,

Figur 2 eine Schnittansicht einer Einfachkupplung,

Figur 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der wirkenden Kräfte,

Figur 4 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der wirkenden Kräfte,

Figur 5 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der wirkenden Kräfte,

Figur 6 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der wirkenden Kräfte,

Figur 7 eine Darstellung der Kupplung mit Federpaket,

Figur 8 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 9 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 10 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 11 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 12 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 13 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 14 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung bei einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Figur 15 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 16 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 17 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 18 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 19 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 20 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 21 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 22 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 23 eine Darstellung zur Erläuterung der Verdrehung,

Figur 24 eine Ansicht einer Druckplatte mit Zentrierhülse,

Figur 25 eine alternative Betätigungsanordnung,

Figur 26 ein Diagramm zur Erläuterung der Ansteuerung,

Figur 27 ein Diagramm zur Erläuterung der Ansteuerung, und

Figur 28 ein Diagramm zur Erläuterung der Ansteuerung.

Die Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Doppelkupplung 1 mit den Teilkupplungen 2 und 3, wobei jeder Teilkupplung 2, 3 eine erfindungsgemäße Betätigungsvorrichtung 4, 5 zugeordnet ist. Die Doppelkupplung 1 ist als Reibungskupplung mit zwei Teilkupplungen 2, 3 ausgebildet.

Die Figur 2 zeigt im Vergleich hierzu eine Einfachkupplung 101 als Reibungskupplung mit einer Betätigungsvorrichtung 109 zur gesteuerten Betätigung der Reibungskupplung 101.

Die Figur 1 zeigt eine Doppelkupplung 1, die eingangsseitig von einer Kurbelwelle 6 eines Antriebsmotors über einen Dämpfer 7 angetrieben wird. Dabei ist das Eingangselement der Doppelkupplung 1 ein Kupplungsdeckel 8, welcher radial außen über eine Nietverbindung 9 mit einer Gegendruckplatte 10 verbunden ist. Mit der Nietverbindung 9 ist auch der Kupplungsdeckel 11 der zweiten Reibungskupplung 3 verbunden. In dem Kupplungsdeckel 8, 11 ist jeweils eine Druckplatte 12, 13 angeordnet, wobei im Kupplungsdeckel 8, 11 auch eine Betätigungsvorrichtung 4, 5 vorgesehen ist, die sich jeweils an einem Rampenbereich 16, 17 der Druckplatte 12, 13 in axialer Richtung abstützt. Bei einer Verdrehung der Druckplatte 12, 13 relativ zu dem Kupplungsdeckel 8, 11 verlagert sich die Druckplatte 12, 13 in axialer Richtung. Dabei verlagert sich die Druckplatte 12, 13 in axialer Richtung hin zur Kupplungsscheibe 18, 19, die zwischen der Gegendruckplatte 10 und der jeweiligen Druckplatte 12, 13 reibschlüssig beaufschlagt wird.

Die beiden Kupplungsscheiben 18, 19 sind radial innen über eine Verzahnung 20, 21 mit einer Getriebeeingangswelle 22, 23 drehfest verbunden.

Die Betätigungsvorrichtung 4, 5 ist axial benachbart zu der ringförmigen Druckplatte 12, 13 angeordnet und stützt sich axial an der Druckplatte 12, 13 und am Kupplungsdeckel 8,11 ab.

In Figur 2 ist die Reibungskupplung 101 auf einem Schwungrad 103 als Gegendruckplatte angeordnet, wobei auf dem Schwungrad 103 als Gegendruckplatte der Kupplungsdeckel 104 mittels des Befestigungsmittels 105 drehfest angeordnet und verbunden ist. Der Kupplungsdeckel 104 trägt die Druckplatte 106, wobei sich die Betätigungsvorrichtung 109 am Kupplungsdeckel 104 und an der Druckplatte 106 in axialer Richtung abstützt. Dabei ist zwischen dem Kupplungsdeckel 104 und der Betätigungsvorrichtung ein axial verlagerbarer Kolben 107 mit einer Rampenvorrichtung 110 vorgesehen, wobei der Kolben 107 als auch der Kupplungsdeckel durch eine Lamellenanordnung 111 miteinander in Reibverbindung stehen, jedoch relativ zueinander verdrehbar sind.

Radial innen ist die Druckplatte 106 über einen Kraftspeicher 112 entgegen des Kolbens 107 beaufschlagt, so dass sich die Druckplatte 106 entgegen der Rückstellkraft des Kraftspeichers 112 gegenüber dem Kolben 107 axial verlagert. Dazu ist der Kraftspeicher zwischen dem radial inneren Bereich 113 des Kolbens und einem Käfig 114 eingespannt, wobei der Käfig 114 radial innen mit der Druckplatte 106 oder einer damit verbundenen Scheibe 115 verbunden ist. Die Scheibe 115 ist dazu mittels der Nietverbindung 116 radial außen mit der Druckplatte

106 verbunden und weist radial innen einen sich in axialer Richtung erstreckenden Bereich auf, welcher mit dem Käfig 114 verbunden ist.

Bei Verdrehung der Druckplatte 106 relativ zu dem Kupplungsdeckel 104 verlagert sich die Druckplatte 106 in axialer Richtung, beispielsweise hin zur Kupplungsscheibe 120. Dabei ist die Kupplungsscheibe 120 radial innen mit der Verzahnung 121 mit einer Getriebeeingangswelle 122 drehfest verbunden. Zur Verdrehung der Druckplatte 106 ist die Betätigungsvorrichtung 109 vorgesehen, die radial zwischen der Druckplatte 106 und dem Kolben 107 angeordnet ist.

Dabei wird vorteilhaft ein Selbstverstärkungseffekt einer auf der Rampenvorrichtung axial abgestützten Druckplatte mit einem Aktuator kombiniert, der mittels Piezoelementen ausgestattet ist. Der Aktuator mit Piezoelementen, im Weiteren auch als Piezoaktuator bezeichnet, kann vorteilhaft auch für selbstverstärkende Einfach- oder Doppelkupplungen zum Einsatz kommen. Der Piezoaktuator und ggf. auch die diesbezügliche Steuereinheit, auch Piezosteuereinheit genannt, kann direkt zwischen dem Kupplungsdeckel 8, 11, 104 bzw. dem Kolben 107 und einer vorzugsweise frei drehenden Druckplatte 12, 13, 106 angeordnet sein, so dass insgesamt ein sehr einfacher Gesamtaufbau möglich ist.

Bei den gezeigten Reibungskupplungen stützt sich die Druckplatte 12, 13, 106 direkt axial an den Piezoelementen der Betätigungsvorrichtung bzw. des Aktuators ab. Gleichzeitig sorgt die Belagfederkraft der Belagfederung der Kupplungsscheibe 18, 19, 120 für die notwendige Normalkraft und damit für eine ausreichende Reibung zwischen der Druckplatte 12, 13, 106 und den Piezoelementen.

Zusätzliche Federn können verwendet werden, um bei offener Kupplung, wenn die Belagfederung keine Kraft auf die Druckplatte 12, 13, 106 ausübt, genügend Kontaktkraft auf die Piezoelemente auszuüben. Da die maximalen Betätigungskräfte, welche die Piezoelemente bei offener Kupplung zum Verdrehen der Druckplatte aufwenden müssen, kleiner sind als die Maximalkräfte einer Moment übertragenden Kupplung, ist bei offener Kupplung auch keine große Kontaktkraft zwischen der Druckplatte 12, 13, 106 und den Piezoelementen erforderlich. Daher reichen vergleichsweise kleine und schwache Zusatzfedern aus.

Mit der Betätigungsvorrichtung 4, 5, 109, auch Aktuator genannt, ist eine einfache und spielfreie Verbindung zwischen einer relativ zu einem Kupplungsdeckel verdrehbaren Kupp-

lungsdruckplatte 12, 13, 106 und dem Kupplungsdeckel 8, 11 bzw. einem damit verbundenen Kolben 107 möglich. Der Aktuator als Piezoaktuator zeichnet sich weiterhin durch eine hohe Dynamik aus, wodurch die Kupplung in sehr kleinen Schritten mit nur sehr kleinen Drehmomentsprüngen des übertragbaren Drehmoments der Kupplung steuerbar ist. Dies bewirkt einen hohen Komfort, der insbesondere bei Fahrzeugen mit automatisiertem Getriebe vorteilhaft ist. Der Piezoaktuator ist grundsätzlich auch für andere Bewegungs- und Steueraufgaben bzw. diesbezügliche Vorrichtungen einsetzbar.

Um Drehmoment von einem Motor eines Kraftfahrzeugs auf das nachgeschaltete Getriebe übertragen zu können, ist mindestens eine Druckplatte 12, 13, 106 axial zu verlagern, so dass die diesbezügliche Kupplungsscheibe 18, 19, 120 zwischen der Druckplatte 12, 13, 106 und der Gegendruckplatte 10, 103 eingeklemmt wird. Durch die so entstehende Reibung wird die Drehmomentübertragung von der Kupplung 1, 101 auf die Kupplungsscheibe 18, 19, 120 ermöglicht. Bei der erfindungsgemäßen Kupplung 1, 101 erfolgt die Druckplattenverlagerung durch die Piezoelemente, die axial hinter der Druckplatte 12, 13, 106 und zwischen Druckplatte 12, 13, 106 und Kupplungsdeckel 8, 11 bzw. Kolben 107 angeordnet sind.

Die Piezoelemente 50, 51, 126 stützen sich direkt oder indirekt am Kupplungsdeckel 8, 11 bzw. an einem damit verbundenen Kolben 107 ab und wirken auf eine Rampenanordnung 16, 17, 110, die an der Rückseite des Kupplungsdeckels 8, 11 oder an dem Kolben 107 angebracht oder eingeformt ist. Alternativ kann die Rampenanordnung auch an der Rückseite der Druckplatte angebracht oder in die Druckplatte eingeformt sein.

Durch die Rampenanordnung 16, 17, 110 führt die Druckplatte 12, 13, 106, wenn sie von dem Piezomechanismus konzentrisch zur Kupplungsrotationsachse verdreht wird, eine Schraubenbewegung aus, durch die sie axial verlagert wird.

Die Zentrierung der Druckplatte erfolgt radial innen durch die mit der Druckplatte verbundene Scheibe 115, 49, 48, die radial innen von dem Kupplungsdeckel 8, 11 bzw. von dem Kolben 107 aufgenommen ist. Zwischen der Scheibe 48, 49, 115 ist ein Gleitring 47, 46, 117 als Gleitlager vorgesehen.

Die Betätigungsvorrichtung 4, 5, 109, wie Piezoantrieb, besteht aus mindestens einem, vorteilhaft jedoch aus zwei, drei oder mehr Piezoelementen, die auf dem Umfang der Druckplatte bzw. des Kupplungsdeckels 8, 11 oder des Kolbens 107 verteilt angeordnet sind.

Die Piezoelemente 50, 51, 126 bestehen dabei teilweise oder vollständig aus Scherelementen, so genannten Piezoscherelementen. Bei solchen Piezoscherelementen ist die Bewegungsrichtung des Piezomaterials orthogonal zur Ausrichtung des elektrischen Felds.

Die Piezoelemente 50, 51, 126 sind auf einer Rampenvorrichtung 53, 54, 127 angeordnet, das sich direkt oder indirekt zwischen der Druckplatte 12, 13, 106 und dem Kupplungsdeckel 8, 11 oder dem Kolben 107 befindet. Die Rampenvorrichtung 53, 54, 127 sind derart ausgerichtet, dass die Bewegung der Scherpiezoelemente 50, 51, 126 tangential zur Rampe der Rampenvorrichtung wirkt. Je nach Ansteuerung der Piezoelemente können diese die Druckplatte die Rampe hoch verdrehen oder die Rampe runter verdrehen und so die Kupplung schließen oder öffnen.

Da es sich um eine selbstverstärkende Kupplung handelt, sind die wirkenden Kräfte, die von der Kupplungsscheibe und dem Piezoantrieb auf die Druckplatte ausgeübt werden besonders zu betrachten.

Da die Druckplatte bei dieser selbstverstärkten Kupplung relativ zum Rest der Kupplung in Umfangsrichtung verdrehbar gelagert ist, kann es auftreten, dass auf die Kupplung wirkende Umfangsbeschleunigungen die Druckplatte ungewollt verdrehen. Das Risiko ist gegebenenfalls nennenswert, wenn die Kupplung offen ist und die Druckplatte nicht unter hoher axialer Last steht, da bei offener Kupplung keine hohen Kontakt- und Reibkräfte zwischen der Druckplatte und dem Piezoelementen wirken, welche die Druckplatte stabilisieren können. Um zu verhindern, dass ein Umfangsbeschleunigen eine ungewollte Tangentialbewegung bzw. Drehbewegung zwischen der Druckplatte und den Piezoaktuatoren bzw. dem Kupplungsdeckel hervorrufen, durch welche die Kupplung verstellt und möglicherweise sogar ungewollt geschlossen wird, ist bei der in Figur 2 dargestellten Einfachkupplung ein zweiteiliger Kupplungsdeckel vorgesehen. Der Außendeckel als Kupplungsdeckel 104 ist fest mit dem Rest der Kupplung verbunden und der Innendeckel als Kolben 107 ist drehbar aber axial abgestützt in dem Außendeckel gelagert. Alle für den Antrieb der Druckplatte erforderlichen Bauteile wie beispielsweise Rampen, Piezoelemente, Zusatzfedern und Drehübertrager, sind am Innendeckel 107 befestigt. Erfährt die offene Kupplung eine hohe Umfangsbeschleunigung wird zwar auch der Außendeckel 104 mitbeschleunigt, der Innendeckel 107 mit all seinen an im befestigten Bauteilen kann aber durch seine Trägheit gegenüber dem Außendeckel 104 durchrutschen. Dies reduziert die auf die Druckplatte 106 wirkende Beschleunigung, wodurch an der Rampe 110, keine ungewollte Relativverdrehung auftritt. Da sich zwischen Innen- und Außen-

deckel 107, 104 keine Rampe befindet, führt eine Verdrehung zwischen diesen Teilen auch nicht zu einer axialen Verlagerung der Druckplatte 106, so dass diese Verdrehung für die Kupplung unproblematisch ist.

Um zu verhindern, dass sich die beiden Kupplungsdeckel 104, 107 bei geschlossener oder teilgeschlossener Kupplung relativ zueinander verdrehen und so die Drehmomentübertragung der Kupplung massiv gestört wird, ist es vorteilhaft, wenn der Reibwert zwischen den beiden Kupplungsdeckeln größer ist, als zwischen der Kupplungsscheibe und der Druckplatte. Da die Anpresskraft auch zwischen den beiden Kupplungsdeckeln 104, 107 wirkt, ist dann bei gleicher Normalkraft und höherem Reibwert sichergestellt, dass die Relativbewegung nicht zwischen den Kupplungsdeckeln 104, 107, sondern zwischen der Druckplatte und der Kupplungsscheibe auftritt. Der hohe Reibwert kann zwischen den Kupplungsdeckeln 104, 107 durch eine reibwerterhöhende Beschichtung und/oder einen Reibbelag, beispielsweise als Sinterbelag, erzielt werden. Alternativ kann die Reibkraft zwischen den Kupplungsdeckeln 104, 107 auch durch geometrische Maßnahmen wie eine Riffelung, konische Kontaktflächen oder wie in der Figur 2 dargestellt durch wechselseitig geschichtete Lamellen, die die Anzahl der Reibflächen erhöhen vergrößert werden. Das Prinzip mit dem drehbaren Innendeckel 107, ist natürlich auch auf Doppelkupplungen gemäß Figur 1 übertragbar.

Die Zentrierung der Druckplatten erfolgt bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 2 durch eine Zentrierhülse, die an der Druckplatte befestigt ist und radial innen über eine Lagerstelle mit dem Kupplungsdeckel oder einem anderen relativ zur Kupplung radial feststehenden Bauteil verbunden ist. Die Lagerstelle kann beispielsweise durch ein Gleitlager oder ein Wälzlager realisiert werden. Für die Funktion ist es zweckmäßig, wenn die Lagerstelle sowohl die Drehbewegung als auch die Axialbewegung der Druckplatte zulässt und gleichzeitig in Radialrichtung eine exakte Zentrierung sicherstellt. Die Zentrierhülse hat außer der radialen Positionierung der Druckplatte und dem Übertragen der Zusatzfederkraft auf die Druckplatte auch die Aufgabe die Wärmeausdehnungseffekte der Druckplatte von der Lagerstelle fernzuhalten.

Dazu liegt die Zentrierhülse 49 axial am Innenrand der Druckplatte 13 an und ist mit drei oder mehr radialelastischen Verbindungsarmen 80 mit der Druckplatte 13 verbunden, siehe Figur 24. Die elastischen Verbindungsarme 80 halten die Zentrierhülse auch beim thermischen Aufweiten oder beim Topfen der Druckplatte 13 in deren Zentrum. Alternativ kann die Zentrierhülse 49 auch so ausgelegt werden, dass sie keine Biegearme braucht, um mit ihrem Außenbereich der Druckplattenbewegung elastisch oder plastisch zu folgen.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Druckplatte gezielt stoßweise oder schwingend, beispielsweise radial und/oder tangential, zu bewegen, um den Reibwert im Rampenmechanismus hinter der Druckplatte oder den Reibwert zwischen der Kupplungsscheibe und der Druckplatte zu verändern. Dabei kann eine Reibwertabsenkung durch den Wechsel vom Haftreibwert zu Gleitreibwert ausgenutzt werden. Durch stoßweise oder schwingende Bewegungen können die Piezoaktuatoren auch den Reibkontakt zwischen ihrem Reibelement und der Druckplatte oder den Reibkontakt eines anderen Aktuators beeinflussen. Darüber hinaus können die Piezoelemente so angeregt werden, dass sie selbst, der Piezoaktuator, der Piezoantriebsmechanismus und/oder die Kupplung in Resonanz oder resonanzähnliche Schwingungen versetzt werden, um beispielsweise die Reibverhältnisse zu verändern oder die Schrittweite bzw. die Geschwindigkeit des Antriebs zu erhöhen. In den Piezoaktuatoren können auch Piezoelemente mit unterschiedlicher Bewegungsrichtung kombiniert werden, um beispielsweise Schwingungen zu erzeugen, die Kontaktkraft zu modellieren oder Mikrobewegungen zu erzeugen, die senkrecht zur Hauptbewegungsrichtung orientiert sind und den Reibwert absenken. Dazu können auch unterschiedliche Piezotypen kombiniert werde, wie Axial- und Scherelemente.

Da Piezoelemente sowohl als Aktuatoren als auch als Sensoren nutzbar sind, können die in die Kupplung integrierten Piezoelemente, auch Informationen an die Kupplungssteuerung weiterleiten. Die Piezoelemente können beispielsweise die Kraft erfassen, welche die Druckplatte auf sie ausübt. Damit kann beispielsweise das Ansteuerschema der Piezoelemente an die reale Belastung und Kraftrichtung angepasst werden, um dem Piezoantrieb situationsabhängig betreiben zu können. Des Weiteren können die Piezoelemente auch zur Ermittlung des in der Kupplung übertragenen Motormoments und zum Erfassen von Schwingungen oder Rupfen genutzt werden. Ob die Piezoelemente dabei als alleinige Sensoren genutzt werden oder ihre Signale im Zusammenspiel mit anderen Messgrößen ausgewertet werden, hängt von Anwendungsfall ab.

Wenn mehrere Piezoaktuatoren am Umfang der Druckplatte angeordnet sind, können diese nicht nur zum Verdrehen der Platte, sondern auch zum Zentrieren genutzt werden. Beispielsweise können einzelne Piezoaktuatoren versetzt werden oder beim Drehen der Druckplatte einzelne Aktuatoren etwas weiter oder kürzer verschoben werden als die andern, damit durch diese Abweichung die Druckplatte gezielt radial versetzt und so zentriert wird. Je nach Anwendungsfall könnten dann die zuvor beschriebenen Zentrierhülsen auch entfallen, die komplette Zentrierung übernehmen oder als Endanschläge für die Druckplatte dienen, die den ma-

ximal möglichen Radialversatz begrenzen, während die exakte Zentrierung von den Piezoaktuatoren übernommen wird.

Um den Piezoaktuator und damit die Kupplung exakt steuern zu können, ist ein Wegsensor an der Druckplatte sinnvoll, der den Axialhub und/oder den Verdrehwinkel bzw. Verdrehweg erfasst.

Die Figuren 3 bis 6 zeigen anhand von Kräfte darstellenden Pfeilen die wirkenden Kräfteverhältnisse, die symbolisch an Hand einer Rampe für verschiedene Betriebszustände dargestellt sind.

Figur 4 zeigt das Kräfteverhältnis an einer Rampe der Druckplatte für $\rho<\alpha$. Dies ist der Fall, wenn der Reibwert zwischen der Scheibe und der Druckplatte geringer ist, als der theoretische Reibwert auf den der Rampenwinkel abgestimmt ist.

Figur 5 zeigt das Kräfteverhältnis an einer Rampe der Druckplatte für $\rho>\alpha$. Dies ist der Fall, wenn der Reibwert zwischen der Scheibe und der Druckplatte größer ist, als der theoretische Reibwert auf den der Rampenwinkel abgestimmt ist.

Im Idealfall entspricht der Reibwinkel ρ, des Reibwerts zwischen Scheibe und der Druckplatte genau dem Rampenwinkel α. Wie die Figur 3 zeigt, wirkt dann die resultierende Kraft FR aus der Reibkraft FRB und der Anpresskraft FA genau normal zur Rampe und zur Kontaktfläche des Piezoelementes. Es wirken somit also keine Kräfte in Rampenrichtung, wodurch die Piezoelemente die Druckplatte quasi kraftfreien verdrehen können.

Ist der tatsächliche Reibwert größer oder kleiner als der Idealwert, so dass der Reibwinkel ρ nicht dem Rampenwinkel α entspricht, so steht die resultierende Kraft FR, die die Druckplatte auf die Piezoelemente ausübt, nicht mehr normal zur Piezokontaktfläche, siehe die Figuren 4 und 5. Dadurch müssen die Piezoelemente zusätzliche Kräfte in Rampenrichtung auf die Druckplatte ausüben, um die Druckplatte in der Sollposition zu halten. Diese Kräfte werden durch Reibung zwischen den Piezoelementen und der Druckplatte übertragen und die Piezoelemente arbeiten beim Verdrehen der Druckplatte gegen diese Kräfte FPR.

Die Kräftebilanzen der Figuren 3 bis 5 gelten lediglich für teilweise oder vollständig geschlossene Kupplungen, bei welchen die Druckplatte Kontakt mit der Kupplungsscheibe

hat. Damit der Piezoantrieb aber auch bei offener Kupplung funktioniert, wenn die Druckplatte nicht von der Scheibe gegen die Piezoelemente gedrückt wird, ist ein zusätzlicher Federvorrichtung vorgesehen, der die Druckplatte vom Kupplungsbelag abhebt und gegen die Piezoelemente drückt.

Diese Federvorrichtung behindert die Dreh- und Axialbewegung der Druckplatte möglichst nicht oder nur wenig und übt vorteilhaft eine resultierende Kraft normal zu den Kontaktflächen der Piezoelement aus. Um dies über den gesamten Bewegungsbereich möglichst genau zu erreichen, ist eine eher flache Federkennlinie mit einem Axialkraft- und Torsionsanteil vorteilhaft. Diese Art der Kennlinie lässt sich beispielsweise durch die Kombination mehrerer Federn erreichen oder wie auch in den Ausführungsbeispielen dargestellt ist, kann dies auch mit einer einzelnen Schraubenfeder erreicht werden.

Das geeignete Verhältnis aus Axial- und Umfangssteifigkeit lässt sich bei einer Schrauben-, Dreh- oder Spiralfeder durch die Wahl des Federquerschnitts erreichen. In Kombination mit dem Piezoaktuator sind Federn, deren Drahtquerschnitt in Axialrichtung breiter ist als in Radialrichtung, besonders geeignet. Um eine in Relation zur Axialkraft sehr geringe Umfangsfederkraft zu erzielen, sind gegebenenfalls auch mehrere Federn vorteilhaft zu verbauen. Dabei können einige der axialwirkenden Federn auch auf Kippgelenken oder auf in Umfangsrichtung gleitenden oder abwälzenden Lagerstellen abgestützt werden, damit deren Umfangssteifigkeit nur reduziert oder gar nicht in die Zusatzfederkraft eingeht. Die Figur 6 zeigt schematisch die bei offener Kupplung vorliegenden Kräfte.

Werden mehrere Piezoelemente auf dem Umfang der Druckplatte verteilt angeordnet, so besteht die Gefahr, dass die wirkenden Kräfte nicht gleichmäßig verteilt sind und bei mehr als drei Elementen können einzelne starr abgestützte Piezoelemente durch geometrische Fehler sogar ungewollt völlig den Kontakt zu den Nachbarbauteilen verlieren.

Um dies zu verhindern ist bei dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß der Figuren 1 oder 2 an jeder Rampe ein Federpaket 53, 54 vorgesehen, das in Umfangsrichtung steif und in Normalenrichtung zur Rampe weich ist. Durch die Federwirkung normal zur Rampe können die Piezoelemente, wenn sie unterschiedlich belastet sind das Federpaket auch unterschiedlich weit zusammendrücken, wodurch ein Abheben einzelner Piezoelemente vermieden wird.

Die Umfangssteifheit hat den Vorteil, dass die geringen Umfangsbewegungen der Piezoelemente nicht ungewollt aufgrund der Elastizität verloren gehen, sondern weiterhin zum Antreiben der Druckplatte nutzbar sind.

Die Figur 7 zeigt den Aufbau des Federpakets. In Figur 7 bist eine Druckplatte 201 einer Kupplung 200 beabstandet von einem Kupplungsdeckel 202 angeordnet. Zwischen der Druckplatte 201 und dem Kupplungsdeckel 202 sind das Piezoelement 203 und ein Federpaket 204 angeordnet.

Das Federpaket 204 besteht immer abwechselnd aus einem flächigen Federstahlblech 205 und schmalen in Rampenrichtung orientierten Stegen 206. Da die Stege 206 versetzt angeordnet sich, biegen sich die Federstahlbleche 205 bei Belastung etwa sinusförmig benachbart der Stege durch und federn so unter den Piezoelementen 203 ein. Die zusätzlichen Blechschichten zwischen der Druckplatte 201 und den Piezoelementen 203 behindern auch die Wärmeleitung und reduzieren so den Wärmeeintrag in die Piezoelemente 203. Zu diesem Zweck können alternativ oder zusätzlich auch Elemente ohne Federwirkung zur Isolierung zwischen der Druckplatte 201 und den Piezoelementen 203 eingesetzt werden.

Bei dem in der Figur 7 abgebildeten Ausführungsbeispiel ist das Piezoelement am Kupplungsdeckel befestigt und das Federpaket an der Druckplatte, so dass die Relativbewegung zwischen dem Piezoelement und dem Federpaket auftritt. Alternativ können auch die Piezoelemente mit ihren Federpaketen verbunden werden, so dass die Relativbewegung zwischen dem Deckel und dem Piezoelement oder zwischen der Druckplatte und dem Federpaket stattfindet. Die beschriebenen Anordnungen lassen sich auch entsprechend umgekehrt gestalten, so dass das Piezoelement am Kupplungsdeckel oder an der Druckplatte angebunden ist. Wenn das Federpaket zwischen dem Piezoelement und dem Bauteil angeordnet ist, das das Piezoelement abstützt aber keine tangentiale Gleitbewegung relativ zum Piezoelement ausführen muss, kann das Federelement deutlich kleiner ausfallen.

Das Bewegungsschema zwischen Druckplatte und Kupplungsdeckel bzw. zwischen Druckplatte und Kolben gemäß Ausführungsbeispiel 1 ist in den Diagrammen der Figuren 26 und 27 und in den Figuren 8 bis 13 dargestellt. Das Diagramm der Figur 28 zeigt ein weiteres Ansteuerschema, das nicht auf der Ansteuerreihenfolge der einzelnen Piezoelemente beruht, sondern auf der unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeit der Piezoelemente. Bei diesem Prinzip können alle Piezoelemente synchron angesteuert werden und die gleiche Bewegung

ausführen. Eine weitere Variante zu einem weiteren Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 14 bis 23 dargestellt.

Die Figuren 8 bis 13 zeigen jeweils eine Druckplatte 301, welche einer Gegendruckplatte 302 gegenüber liegt und welche zwischen sich den Reibbelag 303 der Kupplungsscheibe aufnehmen. Zwischen der Druckplatte 301 und dem Kupplungsdeckel 304 sind die Piezoelemente 305 mit einem jeweiligen Federpaket 306 angeordnet. Die Federpakete 306 sind an ihren Endbereichen jeweils mittels eines Niets 307 mit der Druckplatte 301 verbunden. Das Piezoelement 305 ist als Stapel von Schichten ausgebildet. Dabei werden bevorzugt Piezoelemente verwendet, die eine Verschiebung ausführen können. aus zwei unterschiedlichen oder unterschiedlich angeordneten Piezoschichttypen bestehen. Dadurch kann ein Teil des Piezoelementes 305 eine Axialbewegung hervorrufen (Longitudinaleffekt) und der andere Teil kann eine Verschiebung neunzig Grad dazu ausführen (Schereffekt). Durch die Kombination dieser beiden Bewegungen, können die Piezoelemente 305 eine Laufbewegung ausführen und dabei die Druckplatte 301 bewegen.

Die Figur 8 zeigt den Stapel des jeweiligen Piezoelements 305 unausgelenkt, so dass der Stapel quasi als Quader am linken Rand des Federpakets 306 angeordnet ist und sich an dem Kupplungsdeckel 304 im Bereich der Rampe 308 abstützt.

Die Figur 9 zeigt den Stapel des jeweiligen Piezoelements 305 ausgelenkt, so dass der Stapel sich im Schnitt parallelogrammartig verschoben hat und damit bei feststehendem Kupplungsdeckel 304 die Druckplatte 301 relativ zum Kupplungsdeckel 304 verschoben hat.

Die Figur 10 zeigt einen Betriebszustand, in welchem ausgehend von dem Betriebszustand der Figur 9 das linke Piezoelement 305 derart beaufschlagt wird, dass es in die entgegengesetzte Richtung schert. Dabei schiebt es sich an dem Federpaket 306 entlang. Während bei beiden anderen Piezoelemente ihre Lage beibehalten.

Die Figur 11 zeigt einen Betriebszustand, in welchem ausgehend von dem Betriebszustand der Figur 10 das mittlere Piezoelement 305 derart beaufschlagt wird, dass es in die entgegengesetzte Richtung schert. Dabei schiebt es sich an dem Federpaket 306 entlang. Während bei beiden anderen Piezoelemente 305 ihre jeweiligen Lage beibehalten.

Die Figur 12 zeigt einen Betriebszustand, in welchem ausgehend von dem Betriebszustand der Figur 11 das rechte Piezoelement 305 derart beaufschlagt wird, dass es in die entgegengesetzte Richtung schert. Dabei schiebt es sich an dem Federpaket 306 entlang. Während bei beiden anderen Piezoelemente 305 ihre jeweiligen Lage beibehalten.

Die Figur 13 zeigt einen Betriebszustand, in welchem ausgehend von dem Betriebszustand der Figur 12 alle drei gezeigten Piezoelemente 305 derart beaufschlagt werden, dass sie wiederum in die entgegengesetzte Richtung scheren. Damit wird die Druckplatte wiederum relativ zum Kupplungsdeckel 304 verlagert.

Die Verfahrensweise kann mehrfach sowohl in der einen Richtung als auch in der anderen Richtung wiederholt werden.

Die Verfahrensweise wird in dem Diagramm der Figur 26 für eine Betätigungsrichtung zur Verdrehung der Druckplatte in einer Richtung dargestellt. Als einzelne Piezoelemente sind dort die Elemente mit A, B und C bezeichnet. Es ist zu erkennen, dass erst alle Elemente in eine Richtung bewegt werden, anschließend jeweils immer ein Element zurückbewegt wird, während die anderen Elemente die Position zur Abstützung der Druckplatte halte. Erst wenn alle Piezoelemente zurückverfahren sind, verfahren sie wieder gemeinsam in eine Richtung. Dabei wird die Druckplatte dann wieder bewegt. Die Figur 27 erläutert den ähnlichen Sachverhalt beim Zurückdrehen.

Die Abbildung 14 zeigt einen abgewickelten Umfangsschnitt durch drei Rampen mit jeweils zwei Piezoaktuatoren bzw. Piezoelementen 405. Um die Laufbewegung auszuführen, sind zwei Piezoelemente 405 oder zwei Gruppen von ansonsten synchron arbeitenden Piezoelementen 405 vorgesehen.

Das Piezoelement 405 ist als Stapel von Schichten ausgebildet. Dabei werden bevorzugt Piezoelemente verwendet, die aus zwei unterschiedlichen oder unterschiedlich angeordneten Piezoschichttypen bestehen. Dadurch kann ein Teil des Piezoelementes 405 eine Axialbewegung hervorrufen (Longitudinaleffekt) und der andere Teil kann eine Verschiebung neunzig Grad dazu ausführen (Schereffekt). Durch die Kombination dieser beiden Bewegungen, können die Piezoelemente 405 eine Laufbewegung ausführen und dabei die Druckplatte 301 bewegen.

Bei der Anordnung der Piezoelemente besteht durchaus die Möglichkeit, dass ein, zwei oder mehr Piezoelemente 405 auf einer Rampe 408 angeordnet werden können. Ordnet man nur ein Piezoelement 405 pro Rampe 408 an, ist es vorteilhaft, wenn die Druckplatte 401 von den Piezoelementen 405 auf den Nachbarrampen abgestützt werden, wenn das Piezoelement 405 entlastet und versetzt wird. Bei zwei oder mehr Piezoelementen pro Rampe ist es sinnvoll, wenn dann auf jeder Rampe 408 immer mindestens ein Piezoelement 405 die Druckplatte 401 abstützt. Die Piezoelemente 405 auf den Nachbarrampen 408 führen die gleichen Bewegungen aus, wodurch der Bewegungsablauf dann unabhängig ist von der Rampenanzahl.

Die Abbildungen 15 bis 23 zeigen den Bewegungsablauf der „laufenden“ Piezoaktuatoren bzw. Piezoelementen 405. Die Figuren 15 bis 23 zeigen jeweils eine Druckplatte 401 und einen Kupplungsdeckel 402. Zwischen der Druckplatte 401 und dem Kupplungsdeckel 402 sind die Piezoelemente 405 auf einer Rampe 403 und einer Rampe 404 auf dem Kupplungsdeckel 402. Dabei sind die Piezoelemente 405 jeweils paarweise angeordnet pro Rampe 403, 404.

Die Figur 15 zeigt die Anordnung der Piezoelemente 405 im unausgelenkten Zustand, so dass die Piezoelemente quasi als Quader am linken Rand der Rampe 403 angeordnet sind und sich an dem Kupplungsdeckel 402 im Bereich der Rampe 404 abstützen.

Die Figur 16 zeigt die Anordnung der Piezoelemente 405 in einem Zustand, in welchem jeweils ein Piezoelement 405 pro Paar, hier das rechte Piezoelement pro Paar, zusammengezogen ist, so dass es von der Rampe 403 abgehoben ist.

Die Figur 17 zeigt die Anordnung der Piezoelemente 405 in einem Zustand, in welchem die beiden Piezoelemente pro Paar in entgegengesetzter Richtung ausgelenkt sind, wobei das abgehobene rechte Piezoelement 405 im unteren Bereich gegenüber der Druckplatte nach rechts und das andere die Druckplatte berührende Piezoelement nach links verlagert ist. Während der Verlagerung bewegen die Piezoelemente, welche die Druckplatte berühren, die Druckplatte mit.

Die Figur 18 zeigt, wie ausgehend von dem Zustand der Figur 17 das abgehobene Piezoelement 405 sich wieder an der Druckplatte abstützt.

Die Figur 19 zeigt die Anordnung der Piezoelemente 405 ausgehend von dem Zustand der Figur 18 in einem Zustand, in welchem jeweils ein Piezoelement 405 pro Paar, hier das linke

Piezoelement pro Paar, zusammengezogen ist, so dass es von der Rampe 403 abgehoben ist.

Die Figur 20 zeigt die Anordnung der Piezoelemente 405 in einem Zustand, in welchem die beiden Piezoelemente pro Paar ausgehend von der Auslenkung der Figur 19 wiederum in entgegengesetzter Richtung ausgelenkt sind, wobei das abgehobene linke Piezoelement 405 im unteren Bereich gegenüber der Druckplatte nach rechts und das andere die Druckplatte berührende Piezoelement nach links verlagert ist und die Druckplatte dabei nach links mitnimmt.

Die Figur 21 zeigt den Zustand, in welchem die zuvor abgehobenen Piezoelemente im seitlich ausgelenkten Zustand wieder die Druckplatte berühren.

Die Figur 22 zeigt die Anordnung der Piezoelemente 405 in einem Zustand, in welchem ausgehend von dem Zustand der Figur 21 und der diesbezüglichen seitlichen Auslenkung jeweils ein Piezoelement 405 pro Paar, hier das rechte Piezoelement pro Paar, zusammengezogen ist, so dass es von der Rampe 403 abgehoben ist.

Die Figur 23 zeigt ausgehend vom Zustand der Figur 22 die Anordnung der Piezoelemente 405 in einem Zustand, in welchem die beiden Piezoelemente pro Paar gegenüber dem Zustand der Figur 23 in entgegengesetzter Richtung ausgelenkt sind, wobei das abgehobene rechte Piezoelement 405 im unteren Bereich gegenüber der Druckplatte nach rechts und das andere die Druckplatte berührende Piezoelement nach links verlagert ist.

Durch diese Abfolge entsteht eine Art des Laufens der Piezoelemente 405, so dass die Druckplatte 401 relativ zum Kupplungsdeckel 402 verdreht wird.

Die hier vorgestellten Bewegungsprinzipien dienen dazu, aus dem sehr kurzen Bewegungsbereich der Piezoelemente 305, 405 eine längere Bewegung zu erzeugen. Diese Strategie, aus vielen kleinen sich wiederholenden Bewegungen eine kontinuierliche oder unterbrochene längere Bewegung zu verursachen, lässt sich auch für andere Aktuatoren nutzen, die ähnliche Eigenschaften wie Scherpiezoaktuatoren haben.

Ein Beispiel hierfür zeigt die Figur 25. Bei der Rampenanordnung auch gemäß der Figuren 8 bis 13 wird die bewegliche Kontaktfläche nicht durch einen Piezoaktuator gebildet, sondern

durch ein verschiebbar gelagertes Bauteil 501. Dieses Bauteil 501 stützt sich mit zwei Wälzkörpern 502 an der Rampenkontur 503 des Kupplungsdeckels 504 ab und wird von einem magnetostriktiven Aktuator 505 in Rampenrichtung verschoben. Da bei diesem Aufbau die Druckplattenverdrehung nicht durch eine Scherbewegung, sondern durch eine einfache Linearbewegung des Aktuators 505 erzeugt wird, können auch viele andere Aktuatortypen verwendet werden, beispielsweise Elektromagnete, Formgedächtnismaterialien, oder Piezostapelaktoren. Der in Figur 25 gezeigte magnetostriktive Aktuator 505 besteht aus einem Stab 506 aus magnetostriktivem Material, der sich in einer elektrischen Spule 507 befindet.

Das Funktionsprinzip der Scherpiezoantriebe wird anhand des Anwendungsfalls einer Betätigung einer Kupplung nahe der Druckplatte beschrieben. Die Anwendungsmöglichkeiten des Piezoantriebs sind aber nicht auf diese Anwendungsart begrenzt. Prinzipiell wird dadurch offenbart, mit Piezoelementen einen Körper anzutreiben. Insbesondere wenn dieser Körper eine oder mehrere Rampen als Kontaktfläche aufweist, ist das Antriebskonzept gegebenenfalls auch nahezu unverändert übertragbar. Aber auch Dreh- oder Linearantriebe sind realisierbar, wenn die Piezoaktuatoren auf zylindrischen oder ebenen Kontaktfläche wirken. Somit kann der Scherpiezoantrieb auch als Alternative zum Elektromotor eingesetzt werden. In Fahrzeugen bieten sich dafür besonders Kupplungsbetätigungssysteme außerhalb der Kupplung oder auch Getriebesteller an. Aber auch andere Anwendungen sind denkbar für beispielsweise Niveauregulierungseinheiten im Fahrwerk, Steller für Differenzialsperren, Steller für variable Nebenabtriebe, Sitzversteller und Fensterheber oder ähnliches.

Bezugszeichenliste

1	Doppelkupplung
2	Teilkupplung
3	Teilkupplung
4	Betätigungsvorrichtung
5	Betätigungsvorrichtung
6	Kurbelwelle
7	Dämpfer
8	Kupplungsdeckel
9	Nietverbindung
10	Gegendruckplatte
11	Kupplungsdeckel
12	Druckplatte
13	Druckplatte
16	Rampenbereich
17	Rampenbereich
18	Kupplungsscheibe
19	Kupplungsscheibe
20	Verzahnung
21	Verzahnung
22	Getriebeeingangswelle
23	Getriebeeingangswelle
46	Gleitring
47	Gleitring
48	Scheibe
49	Scheibe
50	Piezoelement
51	Piezoelement
53	Federpaket
54	Federpaket
101	Einfachkupplung
103	Schwungrad
104	Kupplungsdeckel
105	Befestigungsmittel
106	Druckplatte

107 Kolben
109 Betätigungsvorrichtung, Piezoantrieb
110 Rampenvorrichtung
111 Lamellenanordnung
112 Kraftspeicher
113 innerer Bereich
114 Käfig
115 Scheibe
116 Nietverbindung
117 Gleitring
120 Kupplungsscheibe
121 Verzahnung
122 Getriebeeingangswelle
126 Piezoelemente
127 Rampenvorrichtung
200 Kupplung
201 Druckplatte
202 Kupplungsdeckel
203 Piezoelement
204 Federpaket
205 Federstahlblech
206 Steg
301 Druckplatte
302 Gegendruckplatte
303 Reibbelag
304 Kupplungsdeckel
305 Piezoelement
306 Federpaket
307 Niet
308 Rampe
401 Druckplatte
402 Kupplungsdeckel
403 Rampe
404 Rampe
405 Piezoelement
408 Rampe

501 Bauteil

502 Wälzkörper

503 Rampenkontur

504 Kupplungsdeckel

505 Aktuator

506 Stab

507 Spule

Patentansprüche

1. Reibungskupplung (1, 101) mit einer Betätigungsvorrichtung (4, 5, 109) , die Reibungskupplung weist eine Druckplatte (12, 13, 106), eine Gegendruckplatte (10, 103) und einen Kupplungsdeckel (8, 11, 104) auf, wobei zwischen Druckplatte und Gegendruckplatte eine Kupplungsscheibe (18, 19, 120) aufnehmbar ist, wobei die Druckplatte ringförmig ausgebildet ist, die Betätigungsvorrichtung zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel an der Druckplatte und an dem Kupplungsdeckel jeweils eine Rampenvorrichtung (16, 17, 53, 54, 110) aufweist, zur axialen Verlagerung der Druckplatte und die Betätigungsvorrichtung weiterhin einen Aktuator aufweist zur Verdrehung der Druckplatte in Umfangsrichtung gegenüber dem Kupplungsdeckel, wobei der Aktuator sich zwischen den beiden Rampenvorrichtungen abstützt.

2. Reibungskupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator zumindest ein Ausdehnungselement und/oder ein Verformungselement aufweist, welches zumindest ein Piezoelement oder einen Stapel von Piezoelementen aufweist.

3. Reibungskupplung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Piezoelement einen geschichteten Aufbau aufweist.

4. Reibungskupplung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Piezoelement Piezoscherelemente aufweist.

5. Reibungskupplung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Rampenvorrichtungen mittels eines Federpakets gebildet wird.

6. Reibungskupplung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Federpaket aus Federplatten besteht, die auf einer Seite glatt ausgebildet sind und auf der anderen Seite Vorsprünge aufweisen oder dass sich glatte und konturierte Federplatten abwechseln.

7. Reibungskupplung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Federpakete mit der Druckplatte verbunden sind.

8. Reibungskupplung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kupplungsdeckel mit einem Kolben verbunden ist, welcher sich relativ zum Kupp-

lungsdeckel verdrehen kann, wobei die deckelseitigen Rampen an dem Kolben angeordnet sind.

9. Reibungskupplung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckplatte radial innen mit einer Zentrierhülse ausgebildet ist, welche sich radial innen an dem Kupplungsdeckel oder an dem Kolben zentrierend abstützt.

10. Reibungskupplung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungsvorrichtung eine Mehrzahl von Rampenvorrichtungen und/oder eine Mehrzahl von Aktuatoren aufweist.

11. Verfahren zur Betätigung einer Reibungskupplung mittels einer Betätigungsvorrichtung, die Reibungskupplung weist eine Druckplatte, eine Gegendruckplatte und einen Kupplungsdeckel auf, wobei zwischen Druckplatte und Gegendruckplatte eine Kupplungsscheibe aufnehmbar ist, wobei die Druckplatte ringförmig ausgebildet ist, die Betätigungsvorrichtung zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel eine Anzahl von Rampenvorrichtungen aufweist, zur axialen Verlagerung der Druckplatte und die Betätigungsvorrichtung weiterhin eine Anzahl von Aktuatoren aufweist zur Verdrehung der Druckplatte in Umfangsrichtung gegenüber dem Kupplungsdeckel, wobei die Aktuatoren in Antriebsrichtung gleichzeitig betätigt werden und in Gegenrichtung zum Zurücksetzen zumindest einzelne Aktuatoren versetzt zueinander betätigt werden.

12. Verfahren zur Betätigung einer Reibungskupplung mittels einer Betätigungsvorrichtung, die Reibungskupplung weist eine Druckplatte, eine Gegendruckplatte und einen Kupplungsdeckel auf, wobei zwischen Druckplatte und Gegendruckplatte eine Kupplungsscheibe aufnehmbar ist, wobei die Druckplatte ringförmig ausgebildet ist, die Betätigungsvorrichtung zwischen der Druckplatte und dem Kupplungsdeckel eine Anzahl von Rampenvorrichtungen aufweist, zur axialen Verlagerung der Druckplatte und die Betätigungsvorrichtung weiterhin eine Anzahl von paarweise angeordneten Aktuatoren aufweist zur Verdrehung der Druckplatte in Umfangsrichtung gegenüber dem Kupplungsdeckel, wobei zumindest die Aktuatoren eines Paares versetzt zueinander betätigt werden.

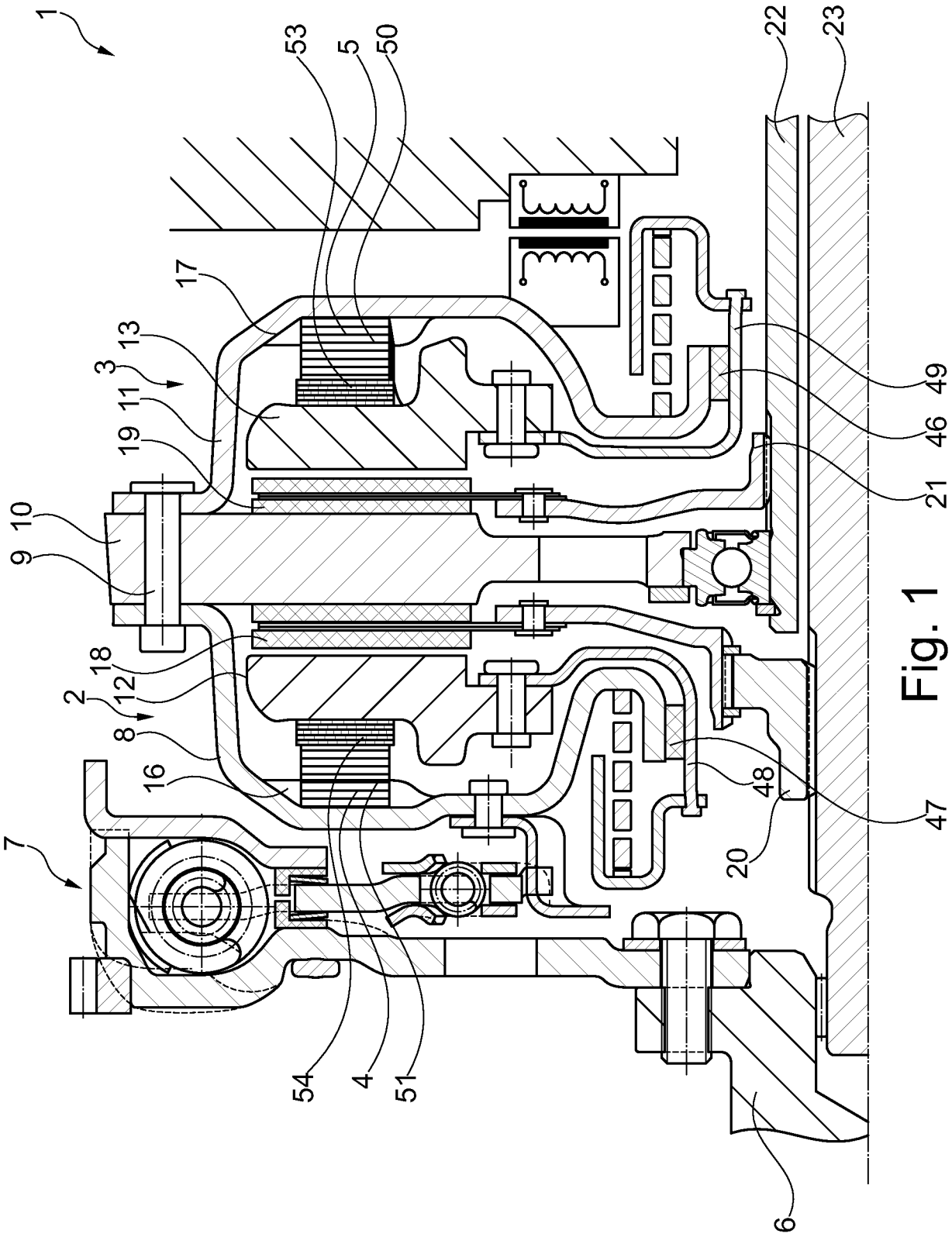


Fig. 1

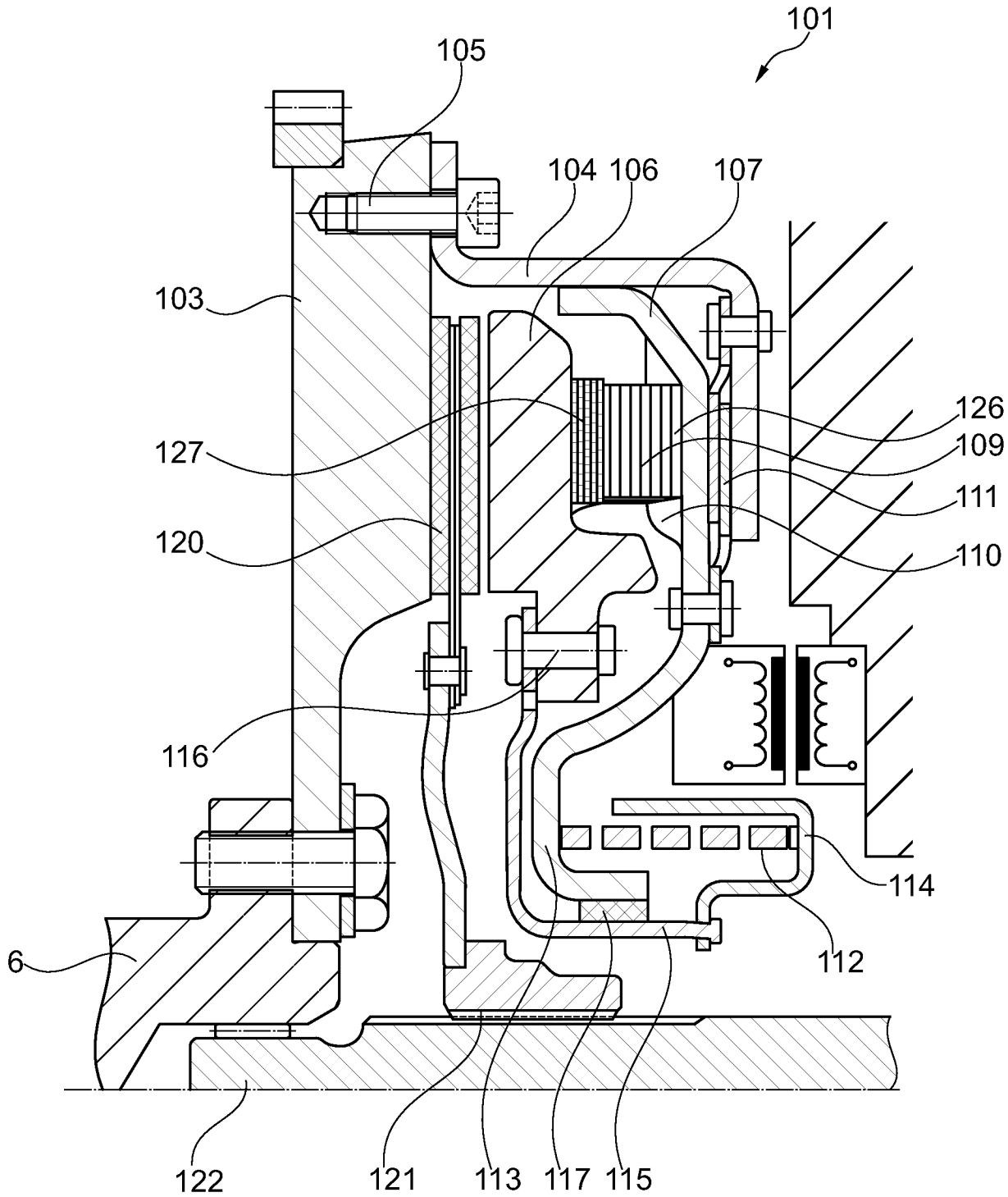

101
105
104
106
107
103
126
127
109
111
120
110
116
114
6
112
122
121
113
117
115

Fig. 2

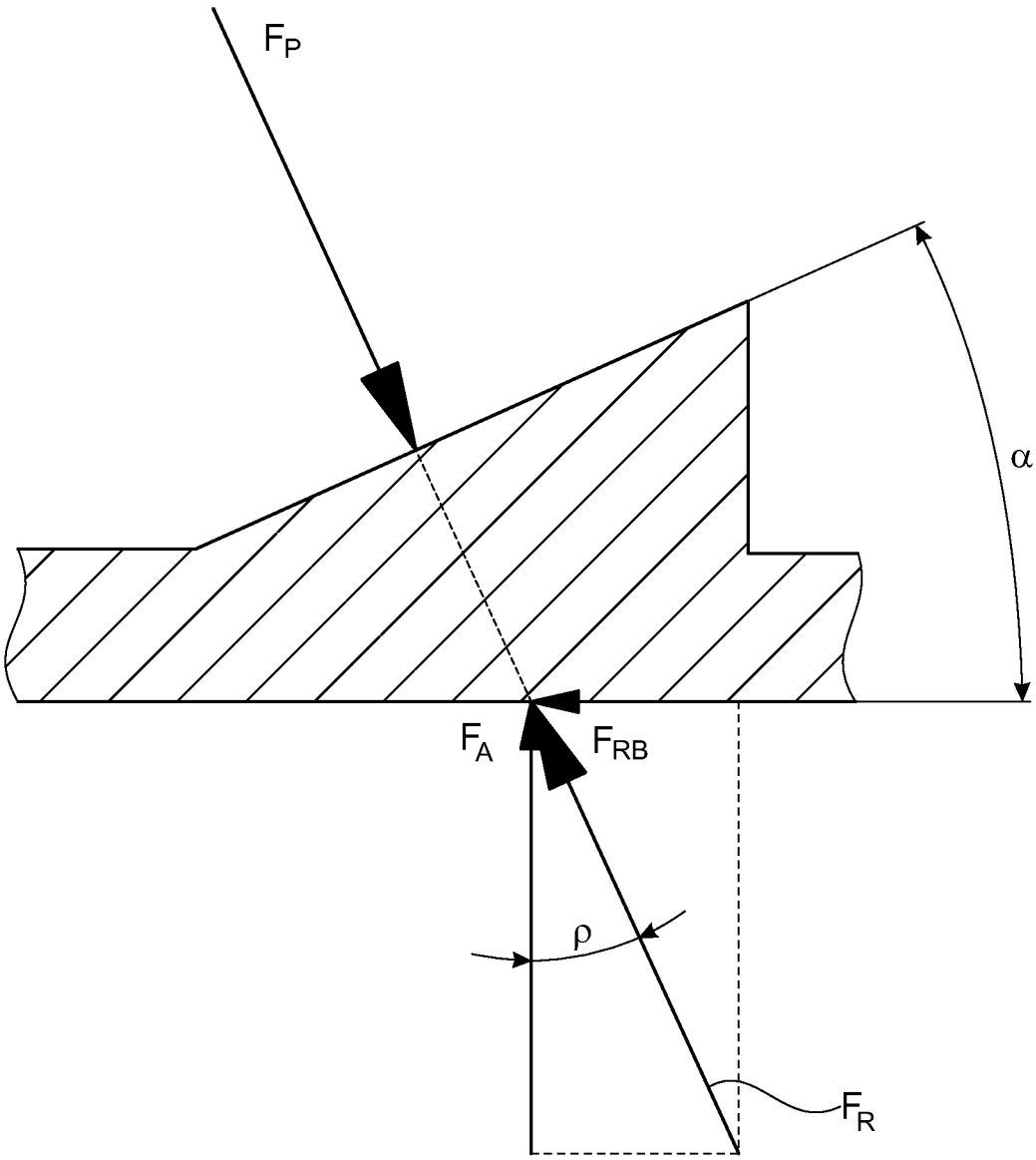


Fig. 3

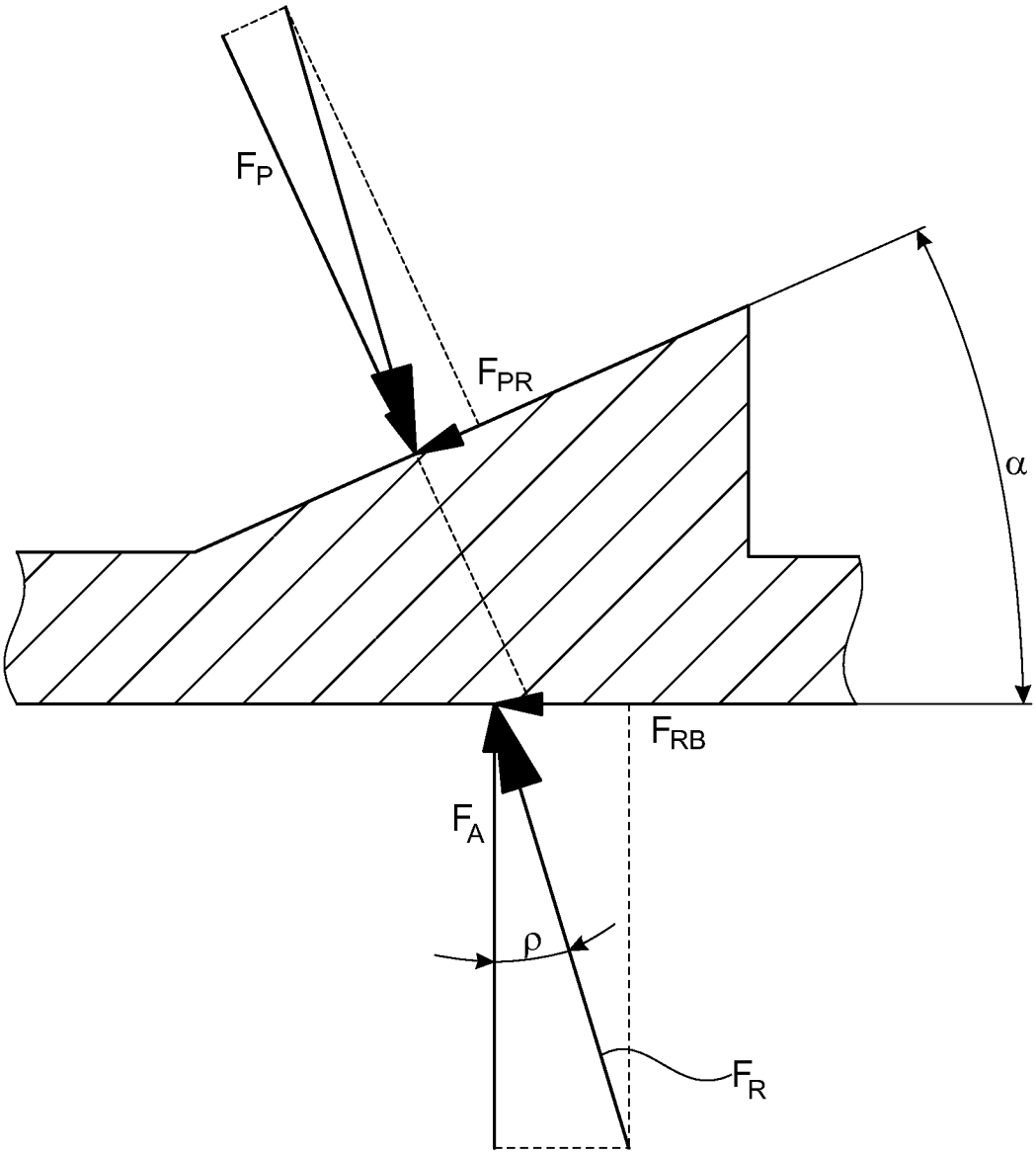


Fig. 4

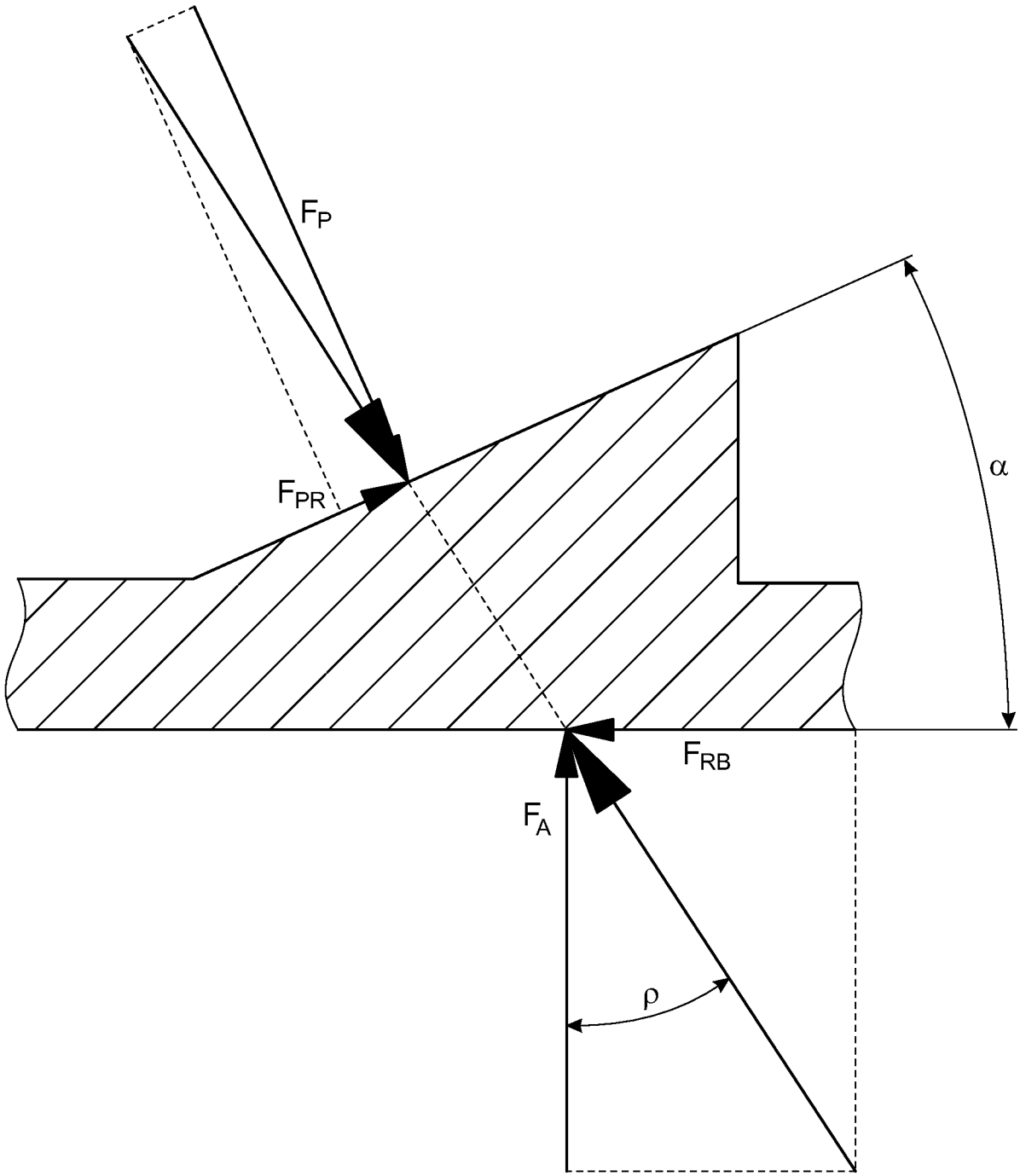


Fig. 5

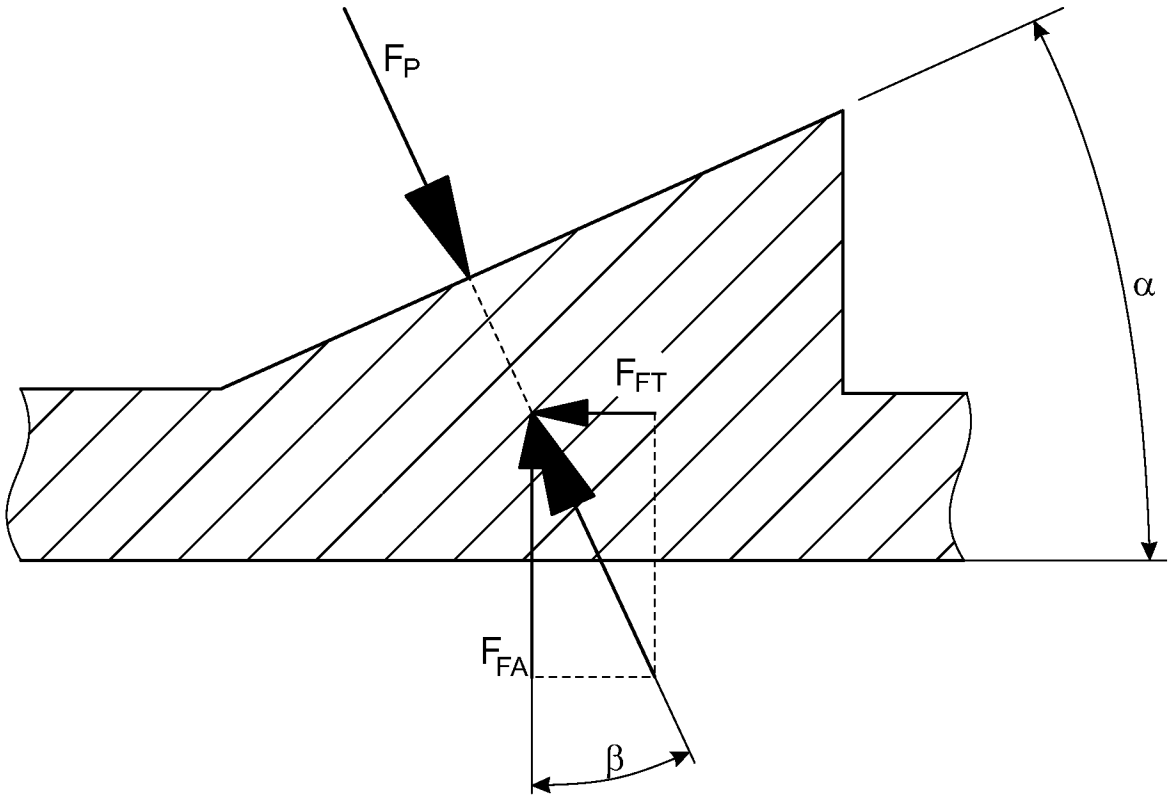


Fig. 6

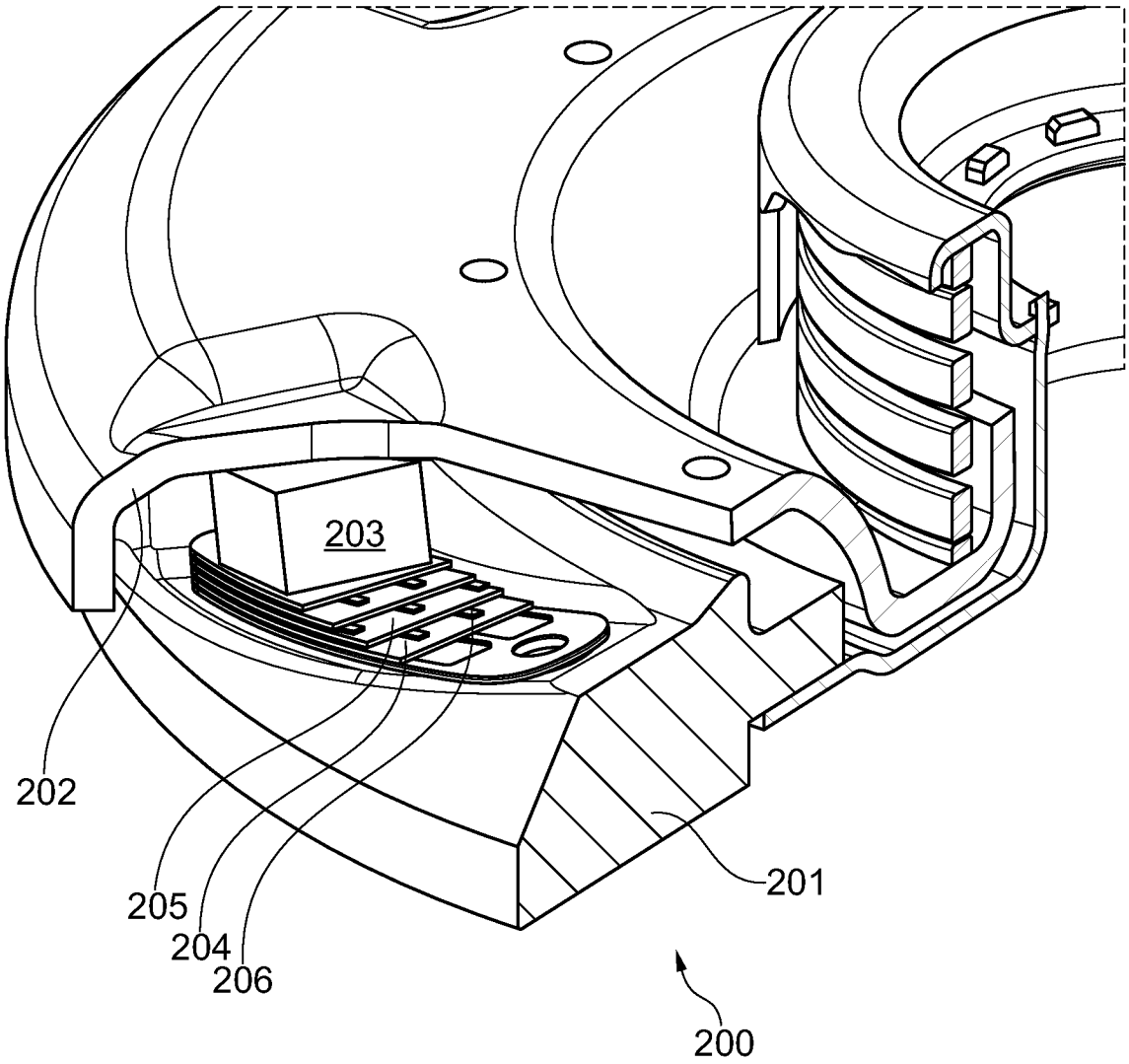


Fig. 7

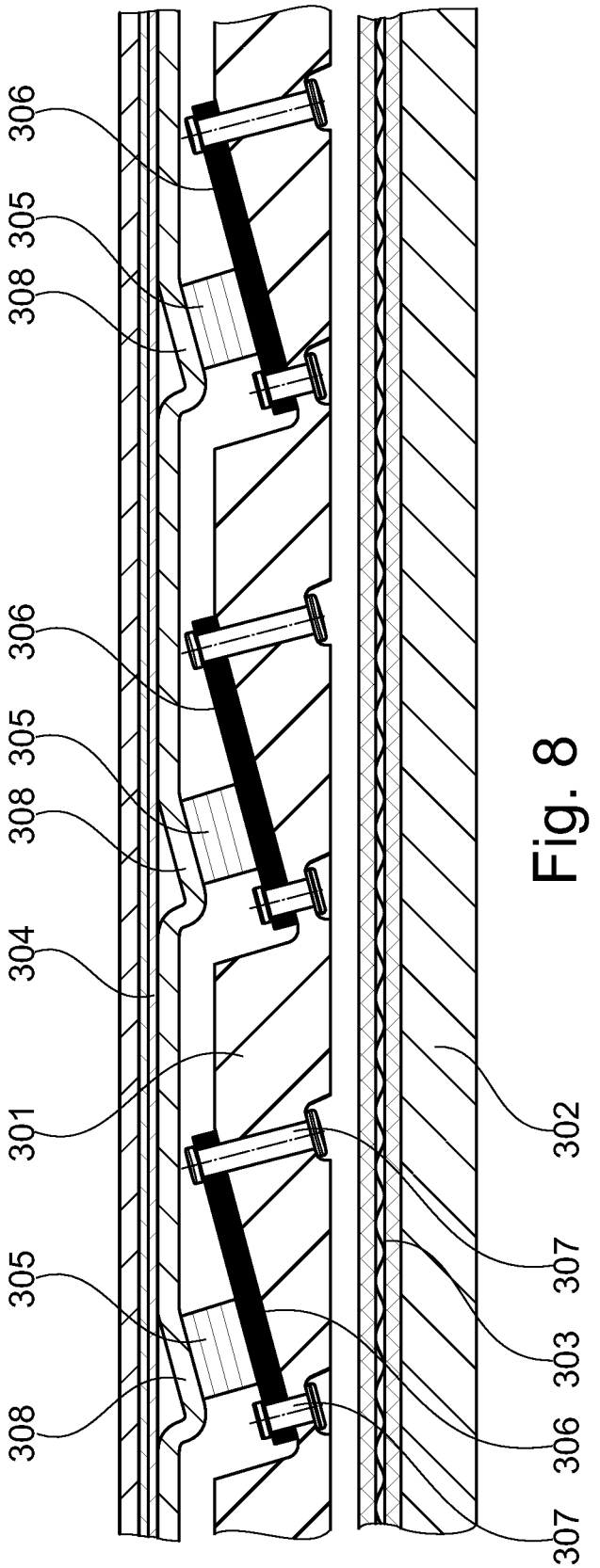

306
305
308
306
305
308
304
301
305
308
307
303
306
307

Fig. 8

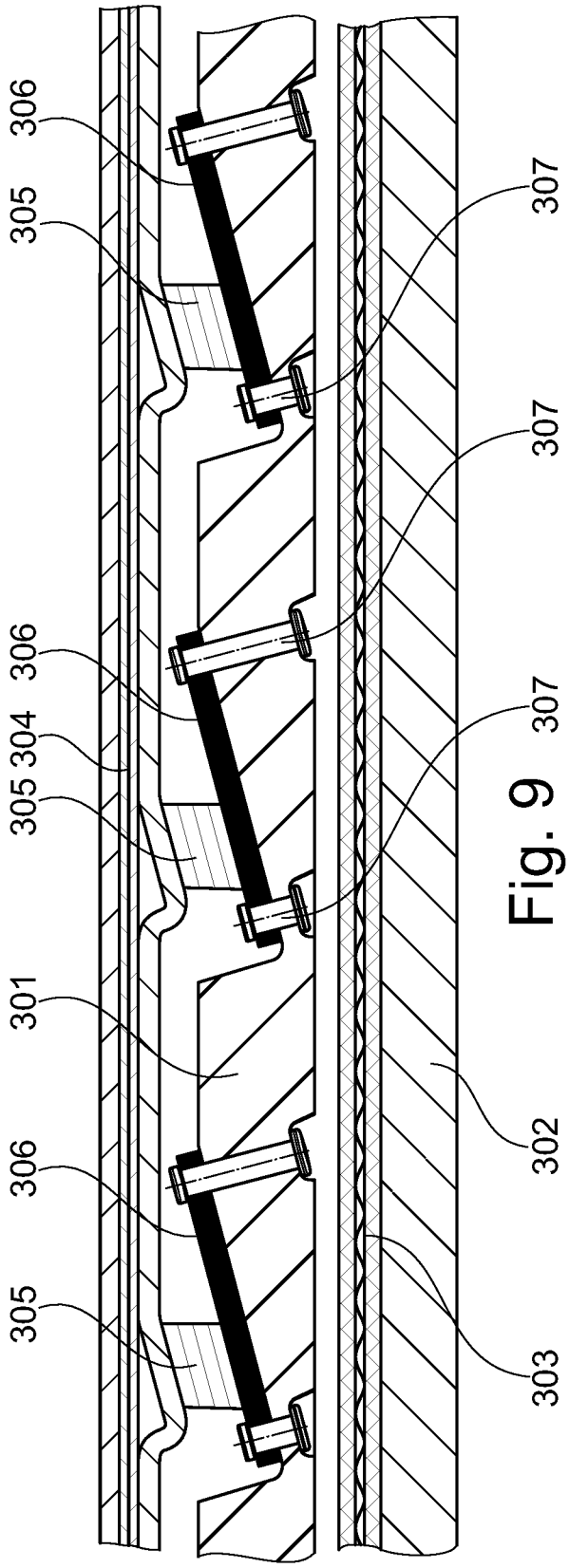

306
305
307
306
304
305
307
301
306
305
302
303
307

Fig. 9

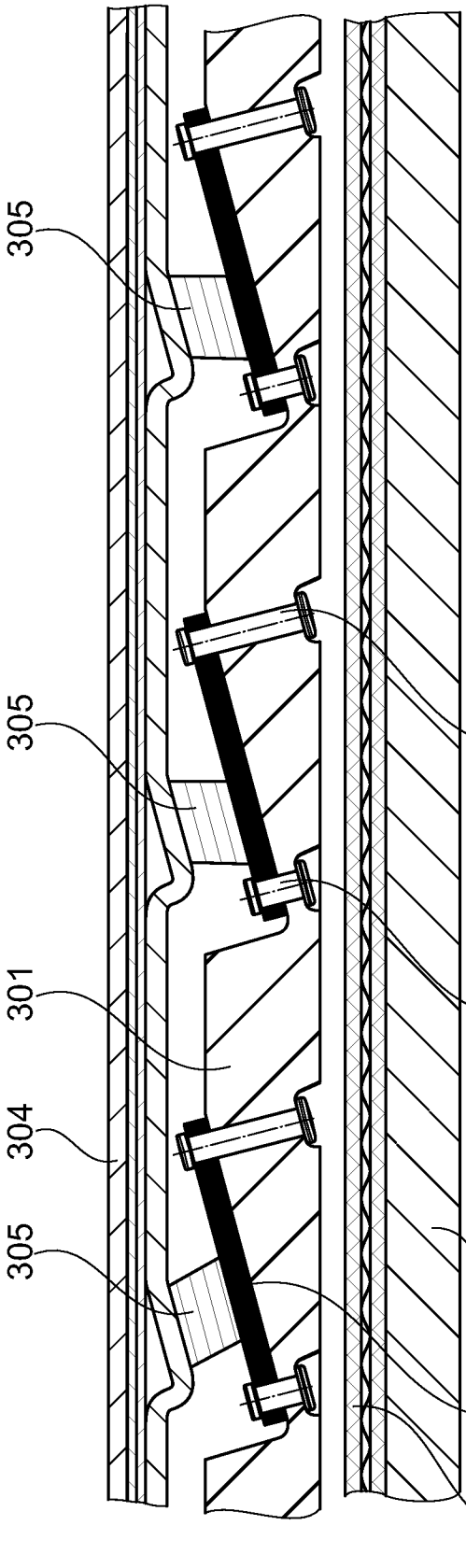

305
305
301
304
305
307
307
302
306
303

Fig. 10

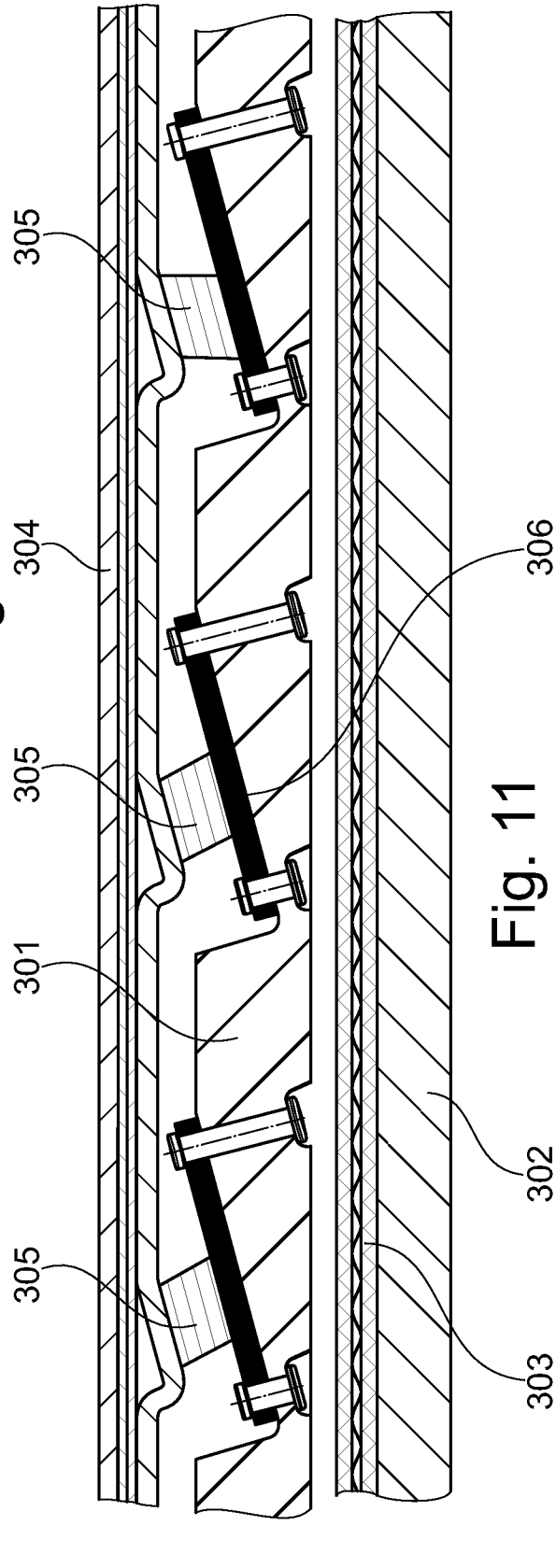

305
304
306
305
301
302
305
303

Fig. 11

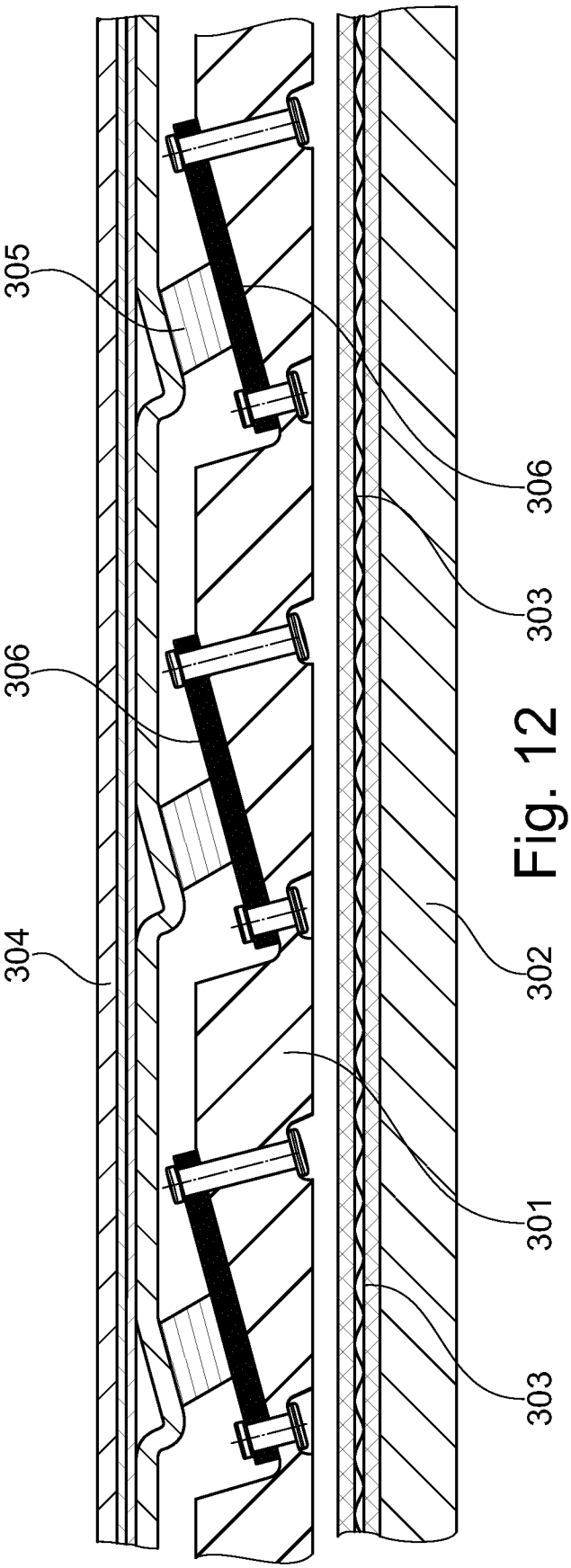


Fig. 12

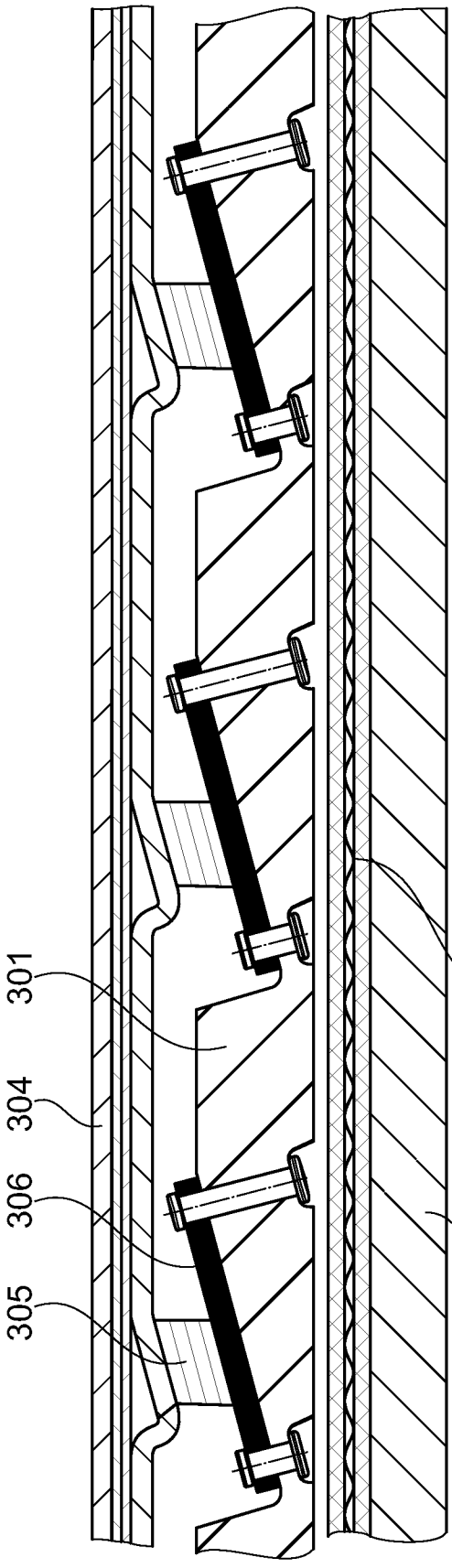


Fig. 13

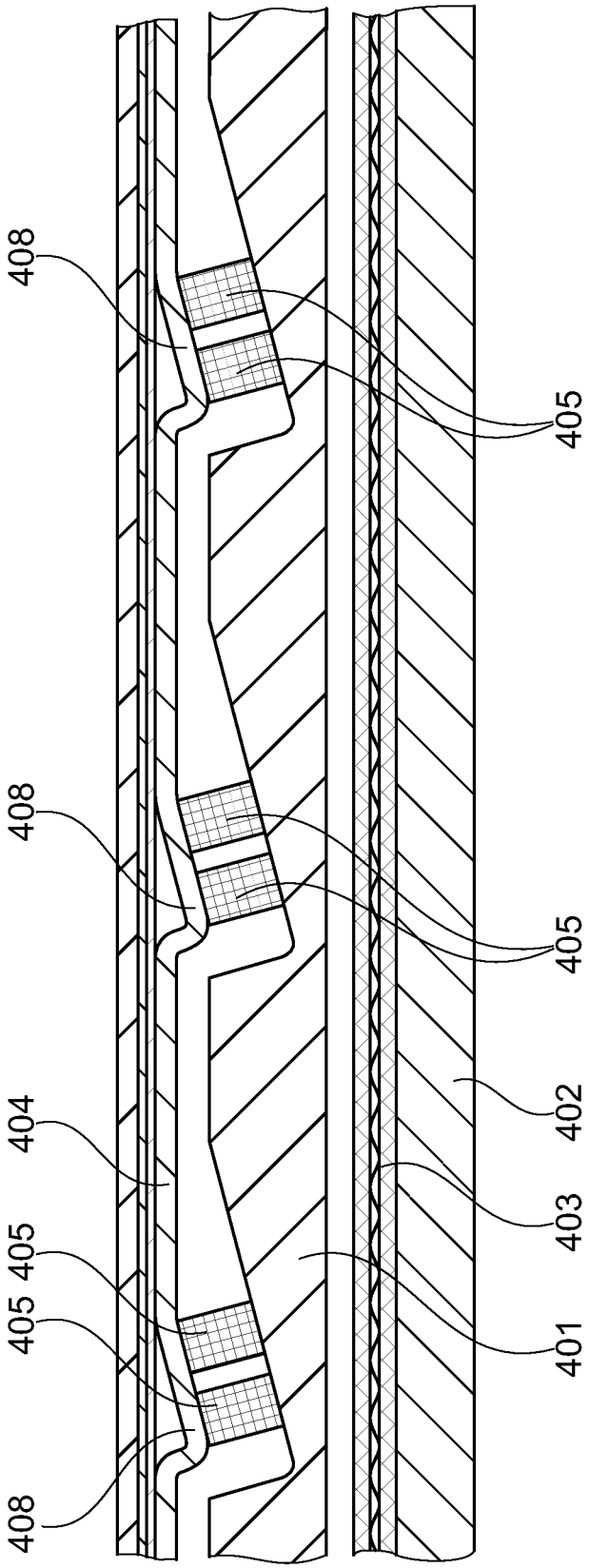


Fig. 14

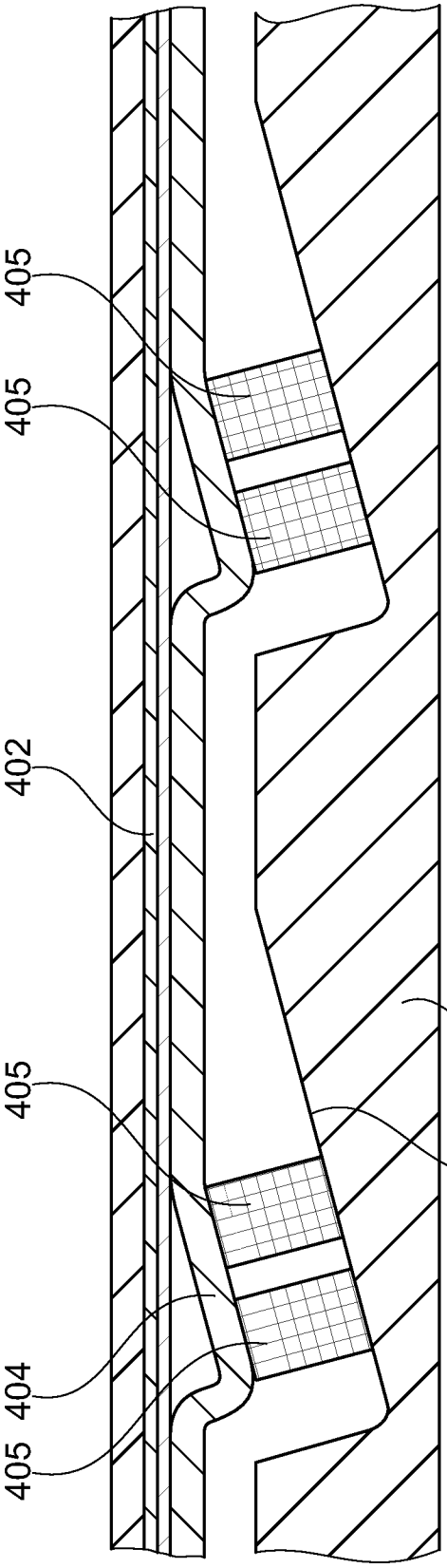


Fig. 15

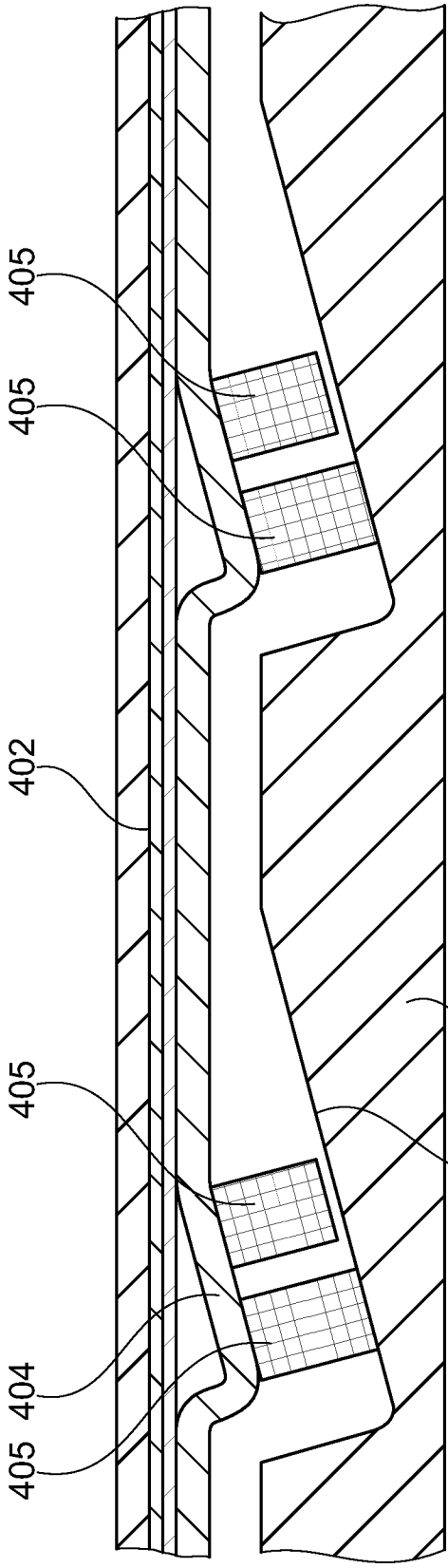


Fig. 16

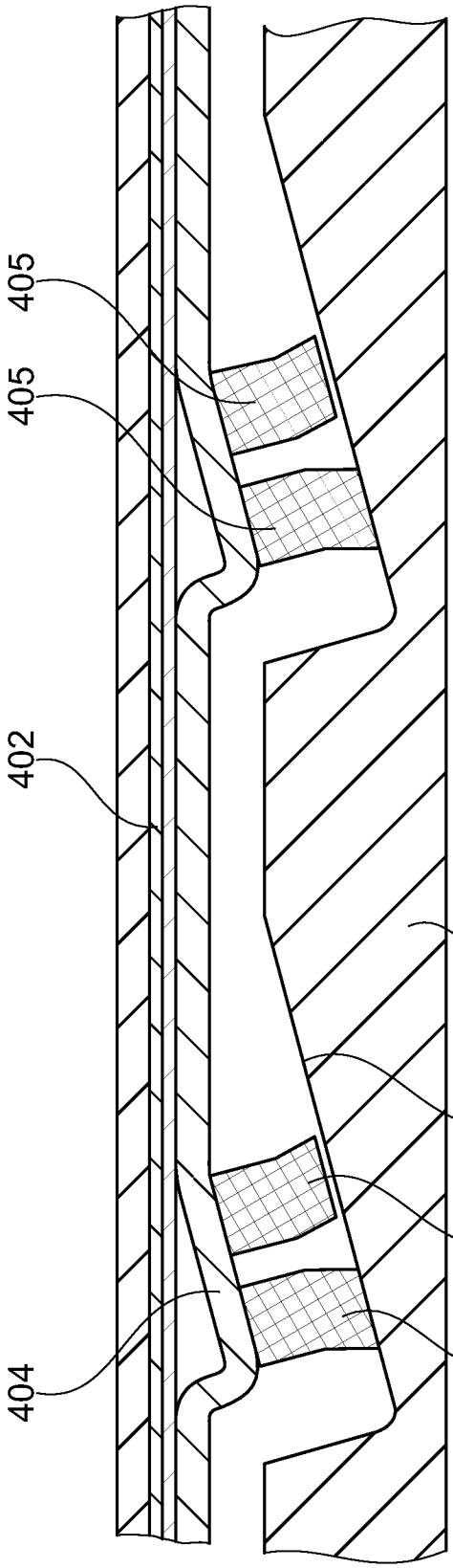


Fig. 17

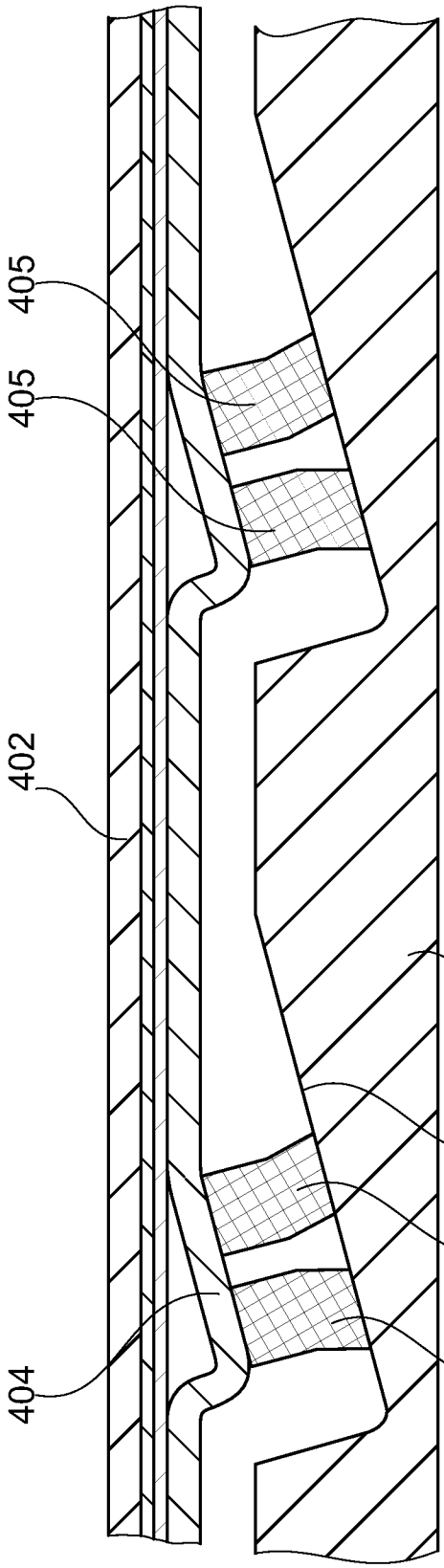


Fig. 18

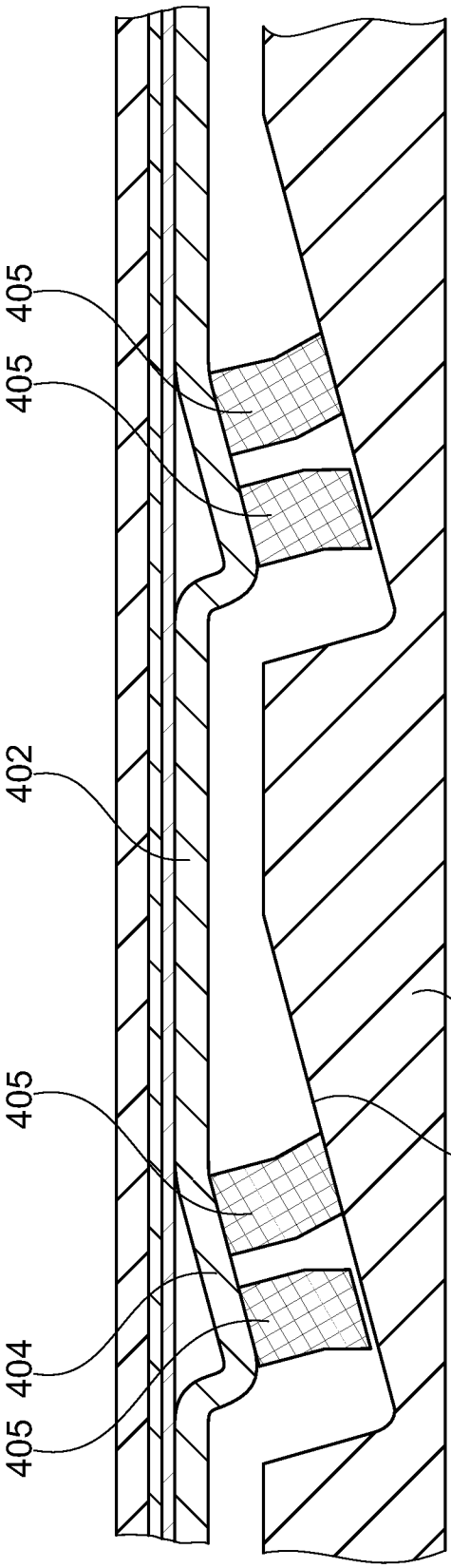


Fig. 19

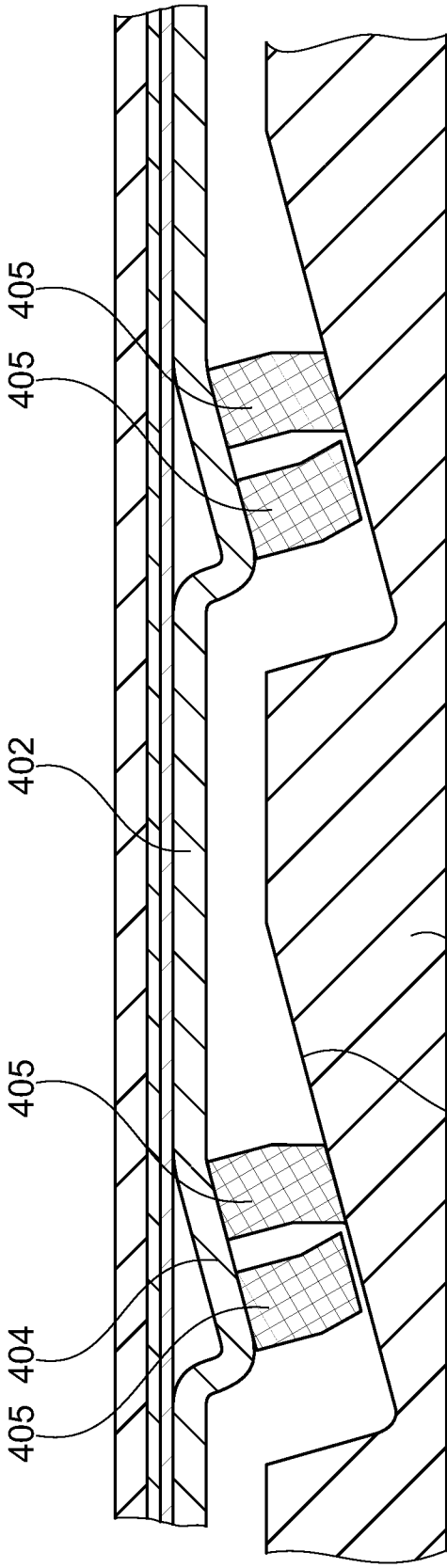


Fig. 20

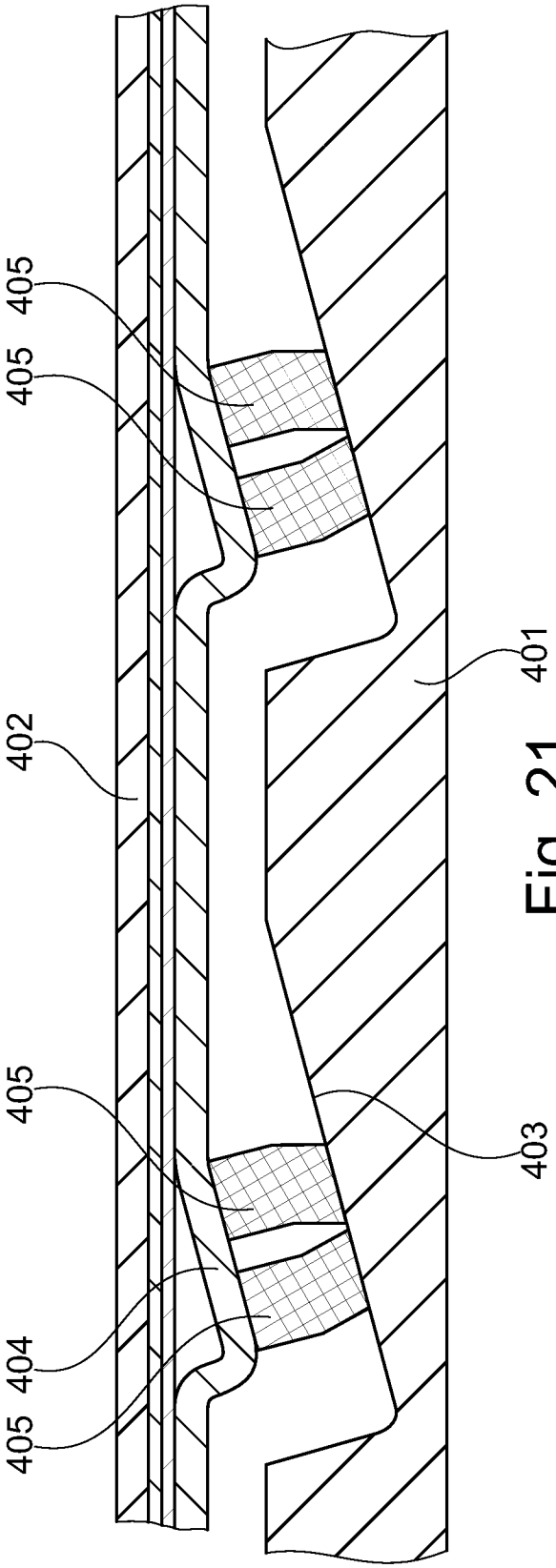


Fig. 21

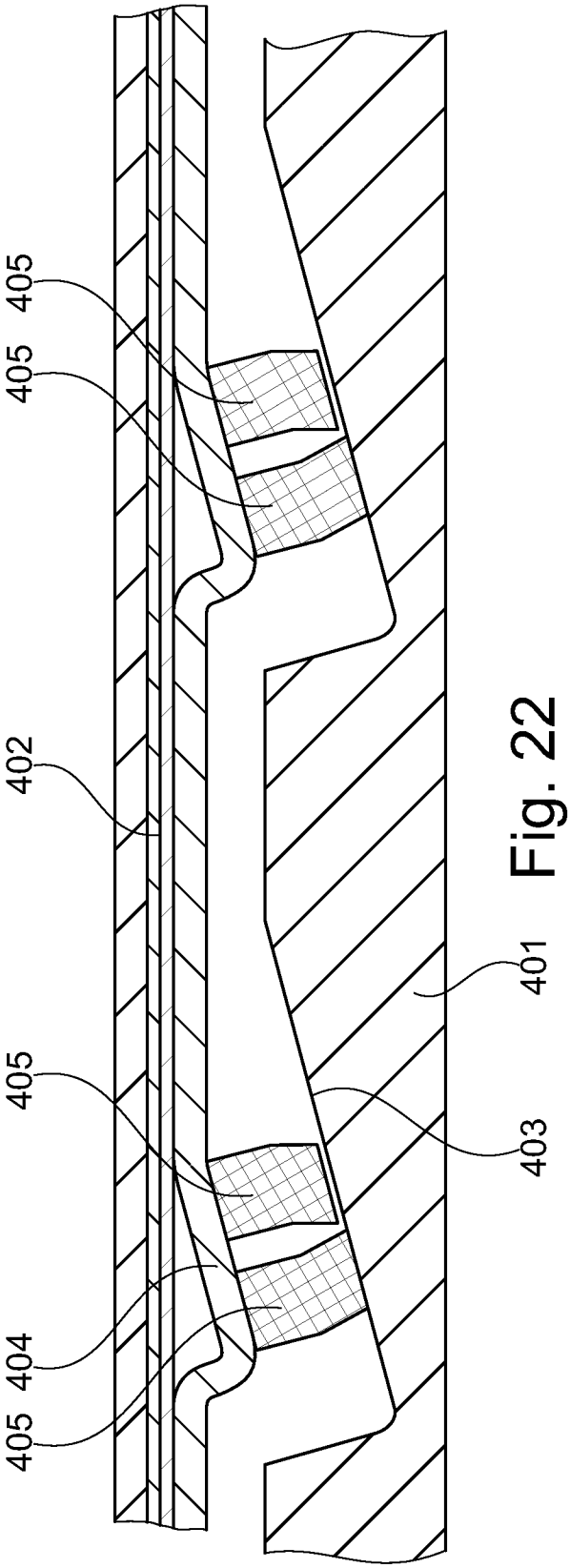


Fig. 22

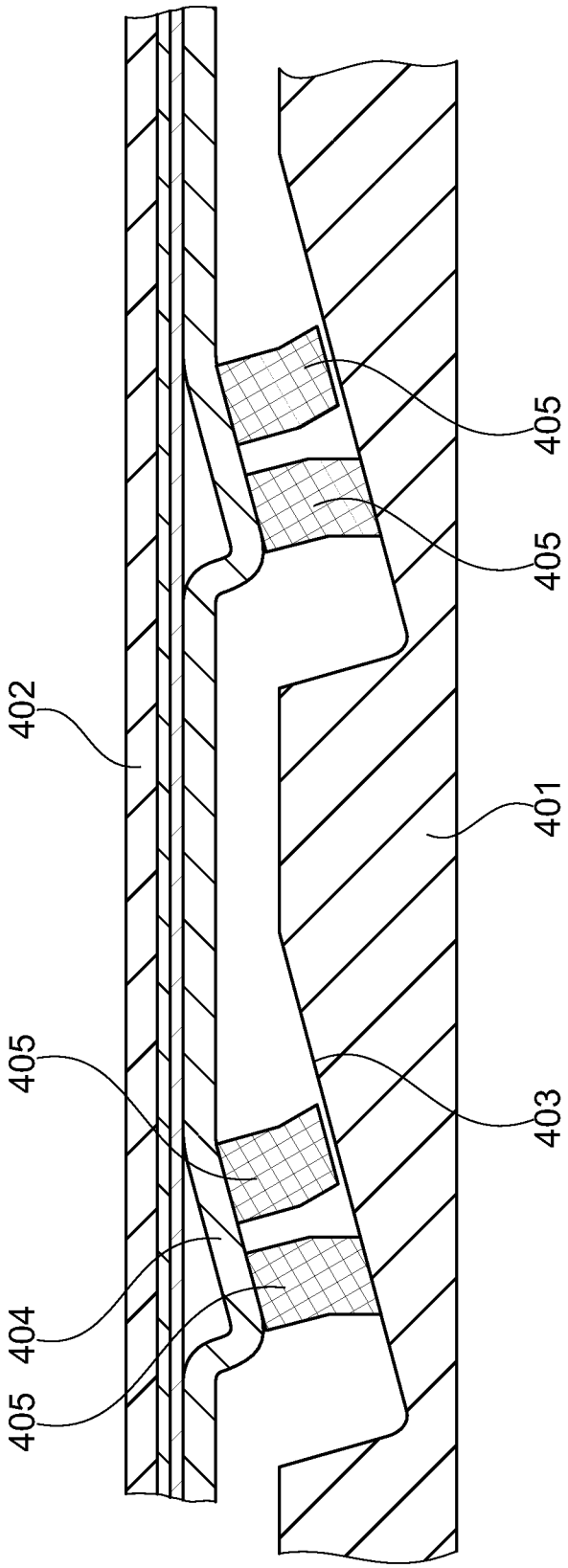


Fig. 23

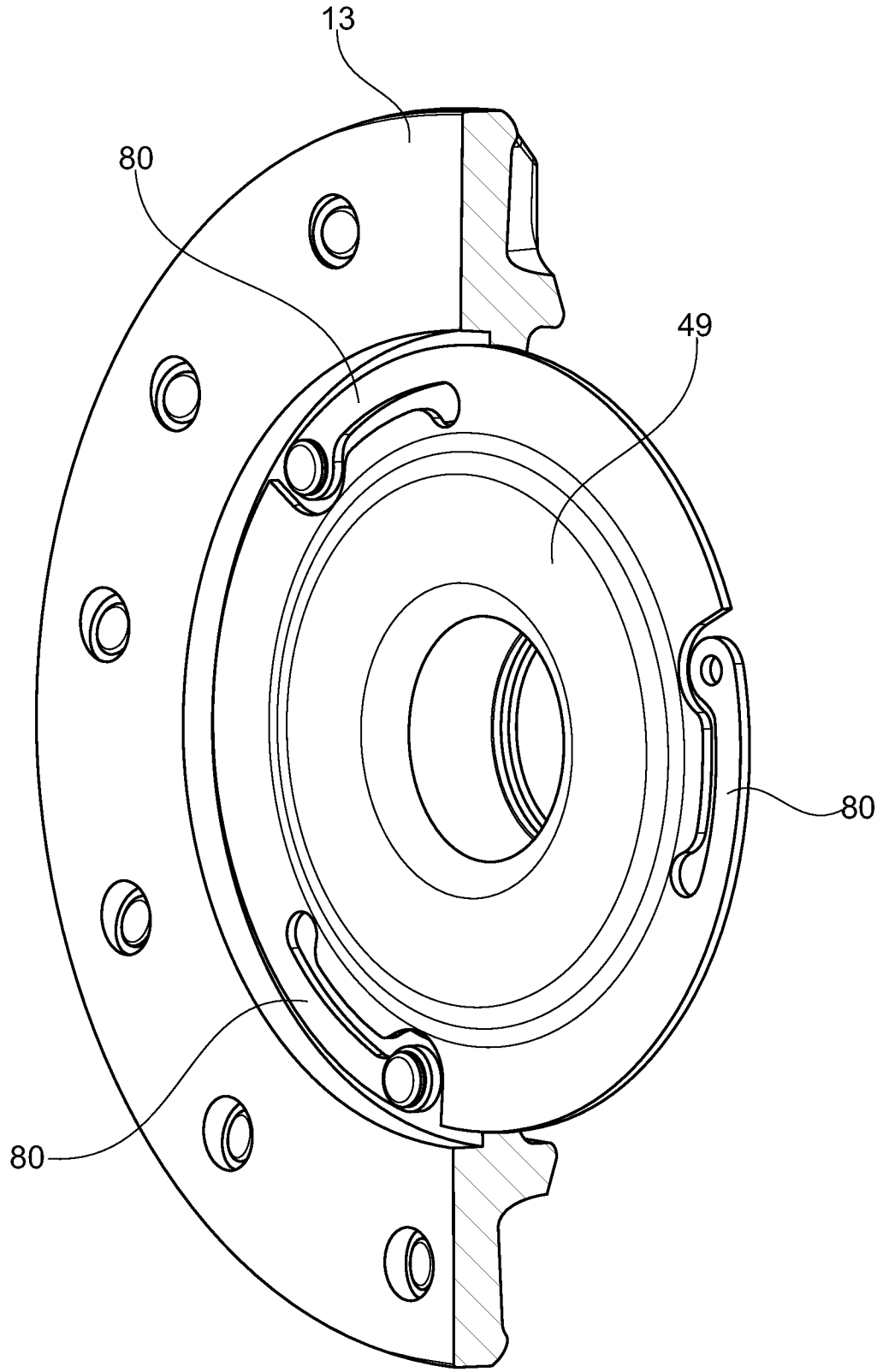


Fig. 24

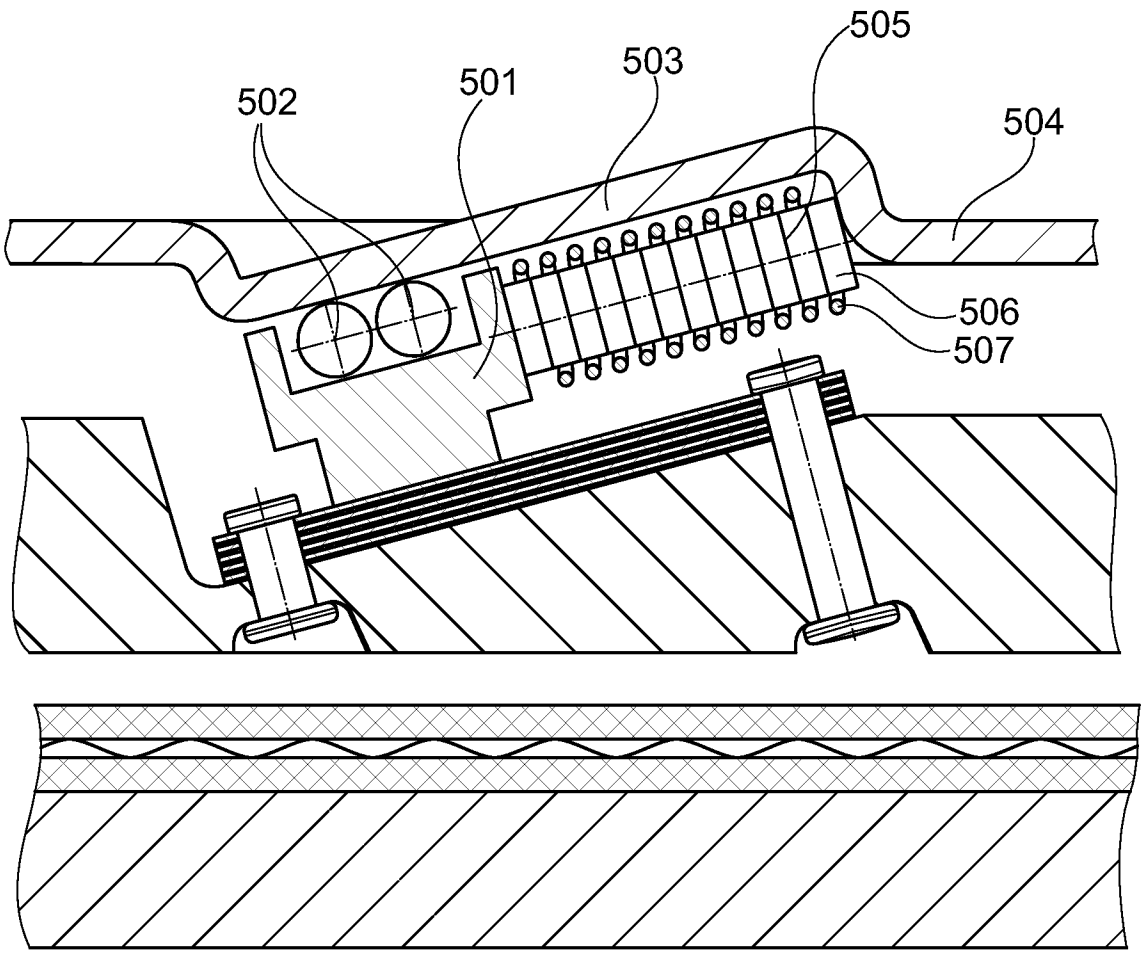


Fig. 25

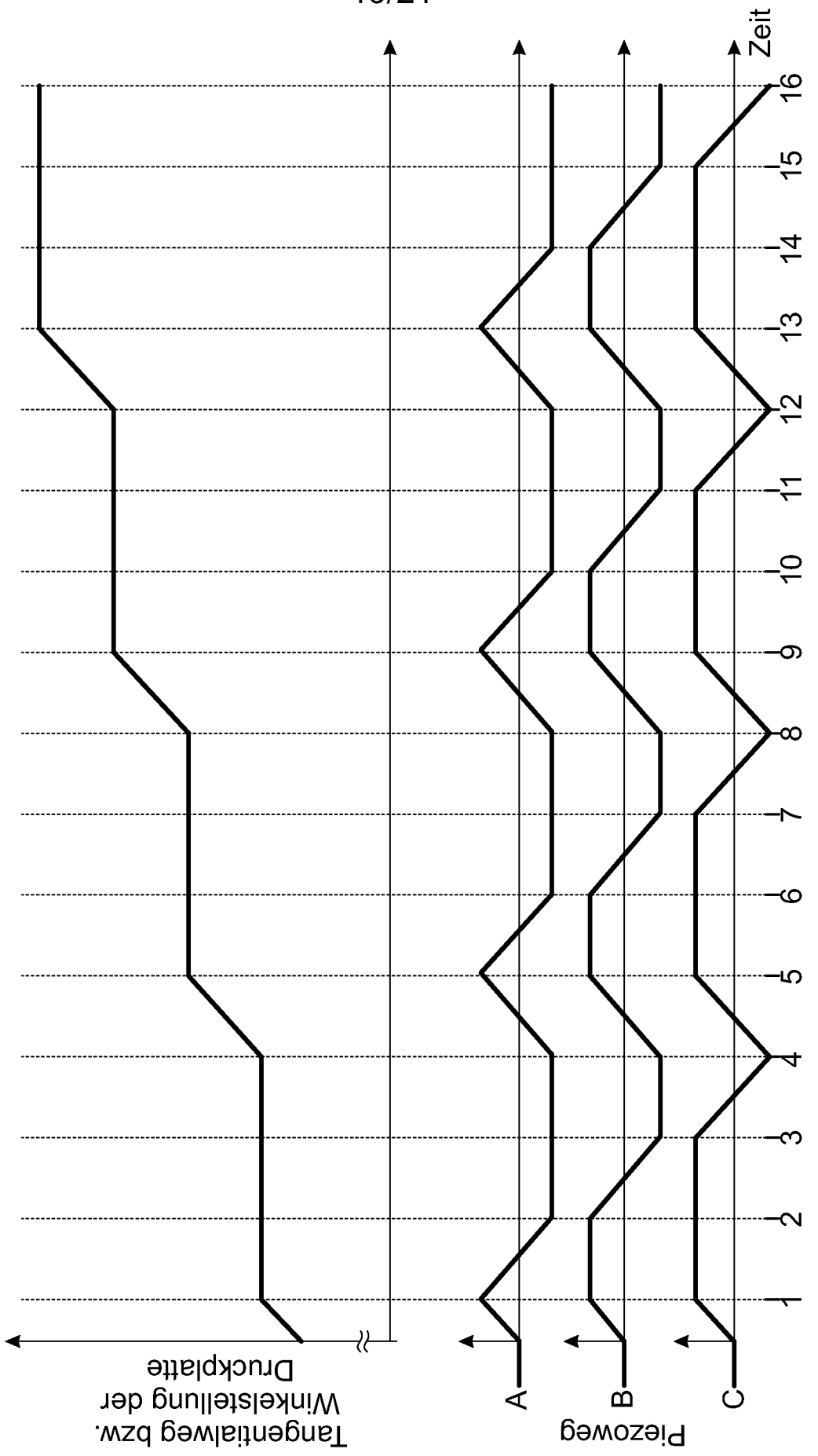

Zeit
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
A
B
C
Piezoweg
Tangentialweg bzw.
Winkelstellung der
Druckplatte

Fig. 26

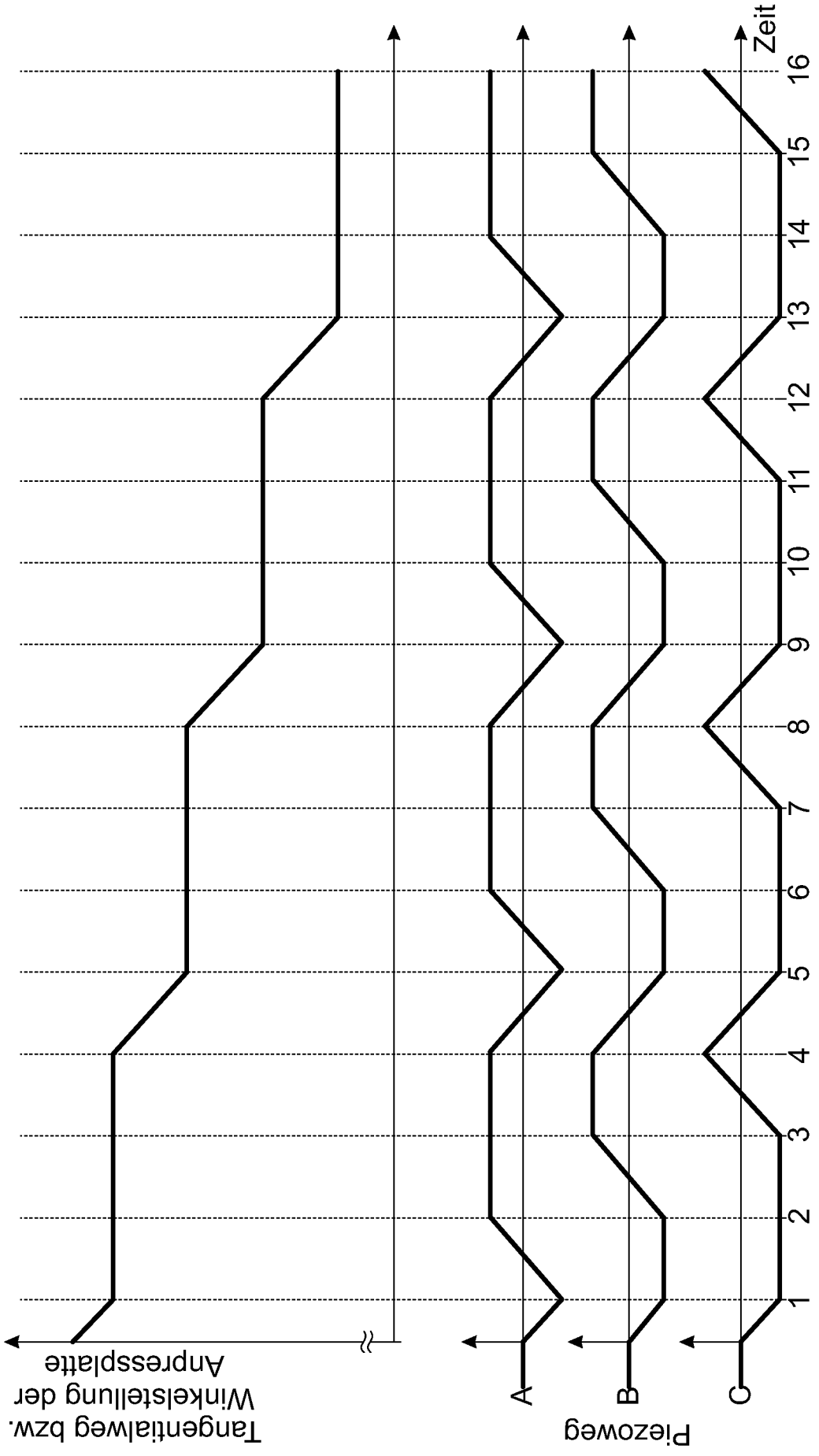

Zeit
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
A
B
C
Piezoweg
Tangentialweg bzw.
Winkelstellung der
Anpressplatte

Fig. 27

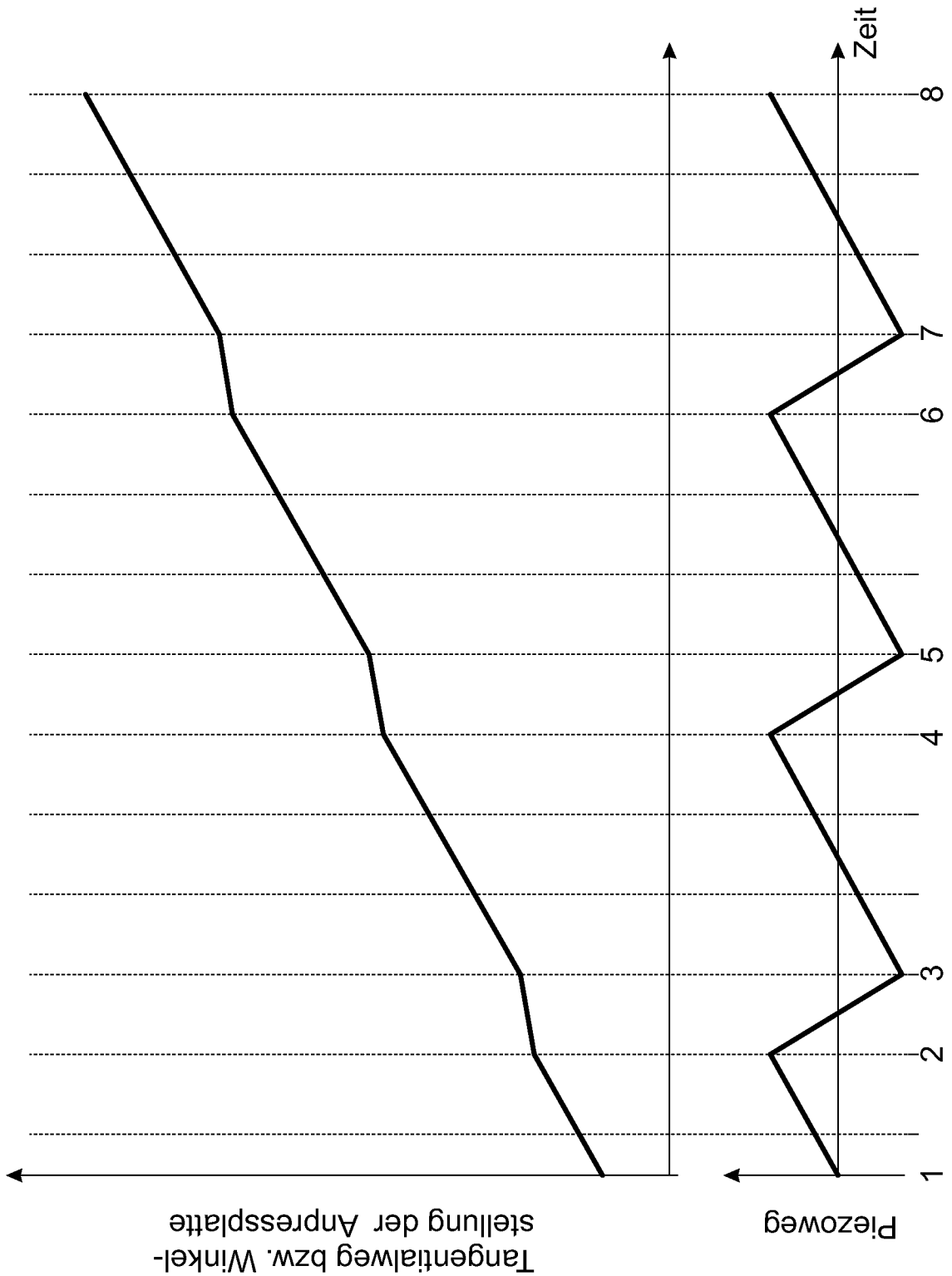

Zeit
1
2
3
4
5
6
7
8
Piezoweg
Tangentialweg bzw. Winkel-
stellung der Anpressplatte

Fig. 28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2014/200564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16D23/12 F16D28/00
ADD.

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)
F16D

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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2009 015151 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 22 October 2009 (2009-10-22)	1,2,11, 12
A	paragraph [0019] - paragraph [0030]; figures 1,2	3-10

X	DE 10 2012 206318 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 15 November 2012 (2012-11-15) paragraph [0020] - paragraph [0030]; figures 1,2	1,11,12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
5 March 2015	19/03/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Arboreanu, Antoniu

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2014/200564

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009015151 A1	22-10-2009	NONE	
DE 102012206318 A1	15-11-2012	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2014/200564

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16D23/12 F16D28/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16D

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)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2009 015151 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 22. Oktober 2009 (2009-10-22)	1,2,11, 12
A	Absatz [0019] - Absatz [0030]; Abbildungen 1,2	3-10

X	DE 10 2012 206318 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 15. November 2012 (2012-11-15) Absatz [0020] - Absatz [0030]; Abbildungen 1,2	1,11,12

☐ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. März 2015	19/03/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Arboreanu, Antoniu

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2014/200564

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009015151 A1	22-10-2009	KEINE	
DE 102012206318 A1	15-11-2012	KEINE	