(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2011 100 422 B4** 2015.02.05

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 100 422.3**
(22) Anmeldetag: **03.05.2011**
(43) Offenlegungstag: **16.02.2012**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **05.02.2015**

(51) Int Cl.: ***B25J 15/06*** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2010-108927 11.05.2010 JP

(73) Patentinhaber:
SMC Kabushiki Kaisha, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Keil & Schaafhausen Patent- und Rechtsanwälte, 60323 Frankfurt, DE

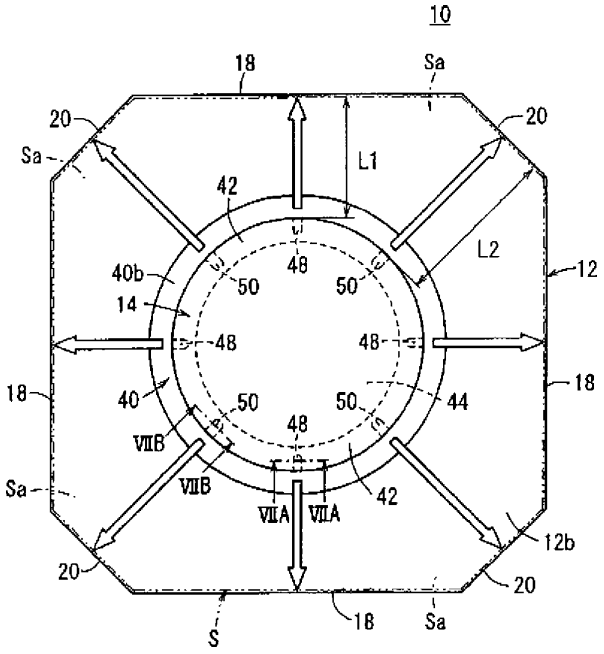
(72) Erfinder:
Takahashi, Katsuaki, Tsukubamirai, Ibaraki, JP; Omiya, Taira, Tsukubamirai, Ibaraki, JP; Iida, Koji, Tsukubamirai, Ibaraki, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

JP 2006- 346 783 A
JP 2009- 032 744 A
JP H10- 181 879 A

(54) Bezeichnung: **Berührungsfreie Transportvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Berührungsfreie Transportvorrichtung zum Anziehen eines Werkstücks durch Ansaugen durch die Zufuhr eines Druckfluides und zum Halten und Transportieren des Werkstücks in einem berührungsfreien Zustand, wobei die berührungsfreie Transportvorrichtung folgende Elemente aufweist:
einen Grundkörper (12), dessen äußere Form an die Form des Werkstücks angepasst ist, und
einen Fluidauslassabschnitt (14), der an einer dem Werkstück zugewandten Endfläche des Grundkörpers (12) vorgesehen ist, wobei der Fluidauslassabschnitt (14) eine Mehrzahl von Auslasslöchern (46) zum Abführen des Druckfluides entlang der Endfläche aufweist,
wobei die Endfläche des Grundkörpers (12) eine Mehrzahl von äußeren Kantenabschnitten (18, 20) aufweist, wobei sich der Abstand zwischen den Auslasslöchern (46) und den äußeren Kantenabschnitten (18, 20) unterscheidet, und
wobei die Auslasslöcher (46) den äußeren Kantenabschnitten (18, 20) zugewandt sind und Querschnittsflächen aufweisen, deren Größen proportional zu den Abständen zwischen den Auslasslöchern (46) und den äußeren Kantenabschnitten (18, 20) ausgebildet sind.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine berührungsfreie (kontaktlose) Transportvorrichtung, mit welcher ein dünnes plattenförmiges Werkstück kontaktfrei gehalten und transportiert werden kann, indem das Werkstück durch Ansaugen angezogen wird.

[0002] Wenn dünne plattenförmige Werkstücke, beispielsweise Flüssigkristall-Glassubstrate zur Verwendung in Flüssigkristall-Anzeigeeinrichtungen, Halbleiter-Wafer oder dergleichen transportiert werden sollen, wird bisher beispielsweise eine berührungsfreie Transportvorrichtung verwendet, mit welcher das Werkstück unter Nutzung eines Fluides schwebend gehalten werden kann.

[0003] Eine solche berührungsfreie Transportvorrichtung ist beispielsweise in der japanischen Patentoffenlegungsschrift JP H10-181 879 A beschrieben und umfasst ein Transportpolster mit einer Mehrzahl von Durchgängen, die sich in vertikaler Richtung durch das Polster erstrecken. Ein den Durchgängen zugeführtes Druckfluid strömt durch Öffnungen, die an einem unteren Endabschnitt des Transportpolsters ausgebildet sind. Das Druckfluid fließt dann entlang der unteren Fläche des Transportpolsters. Die berührungslose Transportvorrichtung mit dem Transportpolster wird mittels eines Roboterarms oder dergleichen über das und nahe zu dem Werkstück bewegt. Hierdurch strömt das Druckfluid mit hoher Geschwindigkeit zwischen der unteren Fläche des Transportpolsters und dem Werkstück, wodurch aufgrund des Bernoulli-Effektes ein Unterdruck generiert wird. Dadurch wird das Werkstück zu dem Transportpolster gezogen und durch Ansaugen in einem kontaktfreien Zustand gehalten.

[0004] Außerdem offenbart die japanische Patentoffenlegungsschrift JP 2006-346 783 A eine berührungsfreie Transportvorrichtung mit einer Zufuhrsäule, die einen Fluidzufuhranschluss und ein Ablasspolster oder -pad aufweist, das an einem unteren Abschnitt der Zufuhrsäule befestigt ist. Das Ablasspad weist einen Fluidablassdurchgang auf, der sich in der Umfangsrichtung öffnet. Der Fluidablassdurchgang besteht aus einer Lücke, die kontinuierlich entlang der Umfangsrichtung des Ablasspads ausgebildet ist. Das von dem Fluidzufuhranschluss zugeführte Druckfluid strömt von dem Fluidablassanschluss entlang der Umfangsrichtung des Ablasspads. Hierdurch wird ein Unterdruck generiert, so dass das Werkstück durch Ansaugen gehalten wird.

[0005] Im Allgemeinen transportieren solche berührungsfreien Transportvorrichtungen ein kreisförmiges scheibenförmiges Werkstück, wie einen Halbleiter-Wafer oder dergleichen. Um ein solches Werkstück zu halten, lassen die Vorrichtungen ein Druckfluid radial von dem Zentrum des Transportpolsters durch eine Öffnung desselben strömen.

[0006] Die JP 2009-032 744 A beschreibt eine Bernoulli-Ansaugvorrichtung mit einer scheibenförmigen Ansaugplatte, die über vier radial nach außen verlaufende gerade Schlitze verfügt, deren äußere Enden offen sind. Im Inneren der Ansaugplatte ist ein Druckluftzufuhrkanal gebohrt, der über radial ausgebildete Verteilungskanäle mit den Schlitzen kommuniziert.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine berührungsfreie Transportvorrichtung vorzuschlagen, mit welcher ein nicht kreisförmiges Werkstück zuverlässig und stabil gehalten und transportiert werden kann, indem ein Druckfluid in einer von der Form des Werkstücks abhängigen Menge zugeführt wird.

[0008] Diese Aufgabe wird mit der Erfindung im Wesentlichen durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst eine berührungsfreie Transportvorrichtung zum Anziehen eines Werkstücks durch Saugen mittels der Zufuhr eines Druckfluids und zum Halten und Transportieren des Werkstücks in einem kontaktfreien Zustand folgende Elemente:
einen Grundkörper, der eine äußere Form hat, die der Form des Werkstücks entspricht, und
einen Fluidablassabschnitt, der an einer Endfläche des Grundkörpers vorgesehen ist, die dem Werkstück zugewandt ist, wobei der Fluidablassabschnitt eine Mehrzahl von Ablasslöchern zum Ablassen des Druckfluides entlang der Endfläche aufweist,
wobei der Grundkörper eine Mehrzahl äußerer Kantenabschnitte aufweist, wobei die Abstände zwischen den Ablasslöchern und den äußeren Kantenabschnitten unterschiedlich sind, und
wobei die Ablasslöcher den äußeren Kantenabschnitten zugewandt sind und Querschnittsflächen aufweisen, die proportional zu den Abständen zwischen den Ablasslöchern und den äußeren Kantenabschnitten ausgebildet sind.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Grundkörper eine Außengestalt auf mit einer Mehrzahl äußerer Kantenabschnitte und entsprechend der Form eines Werkstücks. Der Grundkörper umfasst an seiner einen Endfläche den Fluidablassabschnitt, der dem Werkstück zugewandt ist. Der Fluidablassanschluss umfasst eine Mehrzahl von Ablasslöchern zum Ablassen eines Druckfluides entlang der Endfläche des Grundkörpers. Die Quer-

schnittsflächen der Ablasslöcher werden proportional zu dem Abstand zwischen den Ablasslöchern und den Außenkantenabschnitten festgelegt.

[0012] Somit wird das Druckfluid durch die Ablasslöcher abgelassen, die Querschnittsflächen aufweisen, die in Abhängigkeit von den Abständen zwischen den Ablasslöchern und den äußeren Kantenabschnitten festgelegt werden. Dadurch kann das Druckfluid entlang der Endfläche bis nahe zu den äußeren Kantenabschnitten mit im Wesentlichen der gleichen Strömungsrate zugeführt werden. Dementsprechend strömt das Druckfluid mit adäquaten Strömungsraten zu Positionen, die entsprechenden Abschnitten eines nicht kreisförmigen Werkstücks zugeordnet sind. Dann wird ein Unterdruck an diesen Positionen generiert. Dadurch kann das Werkstück zuverlässig und stabil mittels des Unterdrucks gehalten und transportiert werden.

[0013] Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] **Fig.** 1 ist eine perspektivische Explosionsdarstellung einer berührungsfreien Transportvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0015] **Fig.** 2 ist eine perspektivische Explosionsdarstellung der berührungsfreien Transportvorrichtung gesehen in einer Richtung, die sich von der Richtung in **Fig.** 1 unterscheidet;

[0016] **Fig.** 3 ist ein Schnitt durch die berührungsfreie Transportvorrichtung gemäß **Fig.** 1;

[0017] **Fig.** 4 ist eine Draufsicht auf die berührungsfreie Transportvorrichtung gemäß **Fig.** 1 gesehen von deren unterer Fläche;

[0018] **Fig.** 5 ist eine Draufsicht auf eine Platte;

[0019] **Fig.** 6 ist ein vergrößerter Schnitt durch **Fig.** 3;

[0020] **Fig.** 7A ist ein Schnitt entlang der Linie VIIA-VIIA in **Fig.** 4;

[0021] **Fig.** 7B ist ein Schnitt entlang der Linie VIIB-VIIB in **Fig.** 4;

[0022] **Fig.** 8A ist ein Diagramm, das die Änderung der Vibration eines nicht kreisförmigen Werkstücks in der Nähe einer Ecke desselben zeigt, wenn das Werkstück mit Hilfe der berührungsfreien Transportvorrichtung gemäß **Fig.** 1 gehalten wird;

[0023] **Fig.** 8B ist ein Diagramm, das die Änderung der Vibration des nicht kreisförmigen Werkstücks in der Nähe einer Ecke desselben zeigt, wenn das Werkstück mit Hilfe einer herkömmlichen berührungsfreien Transportvorrichtung gehalten wird;

[0024] **Fig.** 9 ist eine perspektivische Explosionsdarstellung einer berührungsfreien Transportvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0025] **Fig.** 10 ist eine perspektivische Explosionsdarstellung der berührungsfreien Transportvorrichtung gesehen aus einer Richtung, die sich von der Richtung in **Fig.** 9 unterscheidet;

[0026] **Fig.** 11 ist eine Draufsicht auf eine Platte, die in **Fig.** 9 gezeigt ist;

[0027] **Fig.** 12 ist eine Seitenansicht der Platte gesehen in einer Richtung, die in **Fig.** 11 durch den Pfeil X angedeutet wird; und

[0028] **Fig.** 13 ist eine Seitenansicht der Platte gesehen in einer Richtung, die in **Fig.** 11 durch den Pfeil Y angedeutet wird.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0029] Bevorzugte Ausführungsformen einer berührungsfreien Transportvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. In **Fig.** 1 bezeichnet das Bezugszeichen **10** eine berührungsfreie Transportvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0030] Wie in den **Fig.** 1 bis **Fig.** 6 gezeigt ist, umfasst die berührungsfreie Transportvorrichtung **10** ein Gehäuse (Grundkörper) **12**, eine als kreisförmige Scheibe geformte Platte (Fluidablassabschnitt) **14**, die in einem zentralen Abschnitt des Gehäuses **12** angeordnet ist, und einen Dichtring **16**, der zwischen dem Gehäuse **12** und der Platte **14** angeordnet ist.

[0031] Das Gehäuse **12** ist beispielsweise zu einem metallischen Block geformt und hat eine achteckige Form, die durch Abschneiden der vier Ecken eines Quadrates mit einem bestimmten Winkel erhalten wird. Im Einzelnen ist die Gestalt des Gehäuses **12** so ausgeformt, dass sie der Form eines Werkstücks S, das durch die berührungsfreie Transportvorrichtung transportiert werden soll, entspricht. Um beispielsweise in einem Fall, in dem das Werkstück

S eine Solarzelle ist, zu erreichen, dass die Form des Gehäuses **12** mit der Form des Werkstücks S übereinstimmt, wird die Form des Gehäuses **12** so ausgeformt, dass vier Hauptseiten (erste Seiten) **18** senkrecht zueinander angeordnet sind und vier schräge Seiten (zweite Seiten) **20** jeweils benachbarte Hauptseiten miteinander verbinden und um 45° relativ zu den Hauptseiten **18** geneigt sind. Die Hauptseiten **18** und die schrägen Seiten **20** bilden gemeinsam äußere Kantenabschnitte der Außenform des Gehäuses **12**.

[0032] Wie in den **Fig.** 3 und **Fig.** 4 gezeigt ist, ist die Größe des Gehäuses **12** im Wesentlichen gleich oder etwas kleiner als die Größe des Werkstücks S, das durch die berührungsfreie Transportvorrichtung **10** transportiert werden soll.

[0033] An der oberen Fläche **12a** des Gehäuses **12** ist eine Mehrzahl von (beispielsweise vier) Bolzenlöchern **24** ausgebildet, durch welche Befestigungsbolzen **62** eingesetzt werden, um die Platte **14** zu fixieren. In der Nähe der Bolzenlöcher **24** ist eine Mehrzahl von (beispielsweise vier) Befestigungslöchern **26** ausgebildet (vgl. **Fig.** 1).

[0034] Die Bolzenlöcher **24** sind auf einem Kreis mit gleichen Winkelabständen angeordnet, wobei der Kreis einen bestimmten Radius um die Mitte des Gehäuses **12** aufweist. Die Bolzenlöcher **24** erstrecken sich in Dickenrichtung durch das Gehäuse **12**. Jedes der Bolzenlöcher **24** hat an der Seite der oberen Fläche **12a** (in der Richtung, die durch den Pfeil A angedeutet wird) einen Abschnitt mit großem Durchmesser zur Aufnahme eines Kopfes **22a** des Befestigungsbolzens **22** und an der unteren Fläche (Endfläche) **12b** (in der Richtung des Pfeils B) einen Abschnitt mit kleinem Durchmesser, durch welchen ein Gewinde **22b** des Befestigungsbolzens **22** eingesetzt ist.

[0035] Die Befestigungslöcher **26** sind radial außerhalb der Bolzenlöcher **24** angeordnet. Durch Einschrauben nicht dargestellter Bolzen in die Befestigungslöcher **26** wird das Gehäuse **12** mit einem Ende eines Roboterarms oder dergleichen verbunden.

[0036] An der oberen Fläche **12a** des Gehäuses **12** ist neben einem der Bolzenlöcher **24** ein Zufuhranschluss **32** ausgebildet. Der Zufuhranschluss **32** öffnet sich zu der oberen Fläche **12a** des Gehäuses **12** und ist an eine Leitung (nicht dargestellt) angeschlossen, der von einer nicht dargestellten Druckfluidzufuhrquelle ein Druckfluid zugeführt wird.

[0037] Andererseits ist an der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** im Wesentlichen zentral eine kreisförmige Vertiefung (Aussparung) **34** ausgebildet, die als eine Werkstückhaltefläche zum Halten des Werkstücks S in einem kontaktfreien Zustand dient.

[0038] Die Vertiefung **34** ist so geformt, dass eine Platte **14**, die später beschrieben wird, in die Vertiefung **34** eingesetzt werden kann. Die Vertiefung **34** umfasst ein erstes Loch **36**, ein zweites Loch **38** und ein drittes Loch **40**. Das erste Loch **36** liegt der oberen Fläche **12a** des Gehäuses **12** (in der Richtung des Pfeils A) am nächsten. Das zweite Loch **38** grenzt an das erste Loch **36** an und hat einen Durchmesser, der im Vergleich zu dem Durchmesser des ersten Loches **36** radial nach außen zunimmt. Das dritte Loch **40** liegt der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** am nächsten (in der Richtung des Pfeils B) und hat einen Durchmesser, der im Vergleich zu dem Durchmesser des zweiten Loches **38** nach außen weiter radial zunimmt.

[0039] Im Einzelnen sind, wie in den **Fig.** 2 und **Fig.** 3 gezeigt ist, in der Vertiefung **34** das erste Loch **36**, das zweite Loch **38** und das dritte Loch **40** in dieser Reihenfolge von der oberen Fläche **12a** des Gehäuses **12** (in der Richtung des Pfeils A) zu der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** (in der Richtung des Pfeils B) angeordnet. Der Durchmesser der Vertiefung **34** ist schrittweise zu der unteren Fläche **12b** hin (in der Richtung des Pfeils B) vergrößert. Anders ausgedrückt liegt das erste Loch **36** an der tiefsten Position der Vertiefung **34**.

[0040] Das erste Loch **36** hat eine im Wesentlichen flache Bodenfläche **36a** und eine innere Umfangsfläche, die senkrecht zu der Bodenfläche **36a** steht. Die Bolzenlöcher **24** erstrecken sich durch das Gehäuse **12** von der oberen Fläche **12a** des Gehäuses **12** (der Richtung des Pfeils A) zu der Bodenfläche **36a** des ersten Loches **36**.

[0041] Ähnlich wie bei dem ersten Loch **36** hat das zweite Loch **38** eine im Wesentlichen flache Bodenfläche **38a** und eine innere Umfangsfläche **38b**, die senkrecht zu der Bodenfläche **38a** steht. Die innere Umfangsfläche **38b** des zweiten Lochs **38** grenzt an den Zufuhranschluss **32** an und steht mit diesem in Verbindung.

[0042] Ähnlich dem ersten Loch **36** und dem zweiten Loch **38** hat auch das dritte Loch **40** eine im Wesentlichen flache Bodenfläche **40a**. Außerdem hat das dritte Loch **40** eine innere Umfangsfläche **40b**, die sich so verjüngt, dass der Durchmesser des dritten Lochs **40** von dem Verbindungsbereich zwischen der Bodenfläche **40a** und der inneren Umfangsfläche **40b** radial nach außen zunehmend größer wird. Der Neigungswinkel der inneren Umfangsfläche **40b** relativ zu der Bodenfläche **40a** beträgt beispielsweise 30°.

[0043] Bei der oben beschriebenen Ausführungsform öffnet sich der Zufuhranschluss **32** an der oberen Fläche **12a** des Gehäuses **12** (der Richtung des Pfeils A). Die vorliegende Erfindung ist hierauf jedoch nicht beschränkt. So kann sich der Zufuhranschluss

32 auch zu einer Seitenfläche des Gehäuses **12** öffnen und mit dem zweiten Loch **38** in Verbindung stehen.

[0044] Die Platte **14** besteht beispielsweise aus einem metallischen Material, so wie das Gehäuse **12**. Die Platte **14** umfasst eine kreisförmige Basis **42** und einen Vorsprung **44**, der einen kleineren Durchmesser hat als die Basis **42** und der um eine bestimmte Höhe von der Basis **42** vorsteht. Der äußere Durchmesser des Vorsprungs **44** ist im Wesentlichen genauso groß wie der Innendurchmesser des ersten Loches **36**.

[0045] Wie in den **Fig.** 1, **Fig.** 4 und **Fig.** 5 gezeigt ist, ist an einer Endfläche der Basis **42** an der Seite des Vorsprungs **44** eine Mehrzahl von Düsen (Ablasslöchern) **46** in radialer Richtung angeordnet, um ein Druckfluid nach außen auszustrahlen. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind beispielsweise acht Düsen **46** vorgesehen und mit gleichen Winkelabständen entlang der Umfangsrichtung der Basis **42** angeordnet. Jede der Düsen **46** weist eine Nut mit einer bestimmten Tiefe relativ zu der Endfläche der Basis **42** auf, die sich in der radialen Richtung der Basis **42** erstreckt.

[0046] Die Düsen **46** umfassen erste Düsennuten (erste Durchgänge) **48** und zweite Düsennuten (zweite Durchgänge) **50**, welche zwischen den ersten Düsennuten **48** positioniert sind. Wie in **Fig.** 7A gezeigt ist, hat jede der ersten Düsennuten **48** eine im Querschnitt rechteckige Form mit einer bestimmten Breite W1 und einer bestimmten Tiefe H1. Die erste Düsennut **48** erstreckt sich von der äußeren Umfangsfläche der Basis **42** um eine bestimmte Länge radial nach innen. Ein Ende der ersten Düsennut **48** hat eine halbkreisförmige Gestalt. Das Ende der ersten Düsennut **48** weist einen bestimmten Abstand von der äußeren Umfangsfläche des Vorsprungs **44** der Platte **14** auf. Anders ausgedrückt erstrecken sich die ersten Düsennuten **48** jeweils in radialer Richtung von der äußeren Umfangsfläche der Basis **42** in die Nähe der äußeren Umfangsfläche des Vorsprungs **44**.

[0047] Wie in **Fig.** 5 gezeigt ist, sind die ersten Düsennuten **48** mit gleichen Winkelabständen von jeweils 90° um die Mitte der Platte **14** angeordnet.

[0048] Ebenso wie die ersten Düsennuten **48** haben auch die zweiten Düsennuten **50** jeweils einen rechteckigen Querschnitt. Die zweiten Düsennuten **50** erstrecken sich von der äußeren Umfangsfläche der Basis **42** um eine festgelegte Länge radial nach innen. Ein Ende der zweiten Düsennut **50** hat eine halbkreisförmige Gestalt. Das Ende der zweiten Düsennut **50** weist einen bestimmten Abstand von der äußeren Umfangsfläche des Vorsprungs **44** der Platte **14** auf. Das Ende der ersten Düsennuten **48** und das Ende der zweiten Düsennuten **50** weisen jeweils den gleichen Abstand von der äußeren Umfangsfläche des Vorsprungs **44** auf.

[0049] Die zweiten Düsennuten **50** sind jeweils zwischen einer der ersten Düsennuten **48** und einer anderen, der einen ersten Düsennut **48** benachbarten weiteren ersten Düsennut **48** angeordnet. Die zweiten Düsennuten **50** sind mit gleichen Winkelabständen von 90° um die Mitte der Platte **14** angeordnet.

[0050] Im Einzelnen sind die ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** in gleichen Winkelabständen von 45° abwechselnd um die Mitte der Platte **14** angeordnet, wobei die ersten Düsennuten **48** jeweils gleiche Winkelabstände von 90° und auch die zweiten Düsennuten **50** jeweils gleiche Winkelabstände von 90° aufweisen.

[0051] Wenn die Platte **14** in die Vertiefung **34** des Gehäuses **12** eingesetzt ist, sind die ersten Düsennuten **48** den Hauptseiten **18** im Wesentlichen senkrecht zugewandt, während die zweiten Düsennuten **50** den schrägen Nuten **20** im Wesentlichen senkrecht zugewandt sind.

[0052] Wie in **Fig.** 7B gezeigt ist, ist die Breite W2 der zweiten Düsennuten **50** jeweils größer als die Breite W1 der ersten Düsennuten **48** (W1 < W2). Die Tiefe (Höhe) H2 jeder der zweiten Düsennuten **50** ist gleich der Tiefe (Höhe) H1 der ersten Düsennuten **48** (H1 = H2). Da die zweiten Düsennuten **50** breiter sind als die ersten Düsennuten **48** ist die Querschnittsfläche D2 (W2 × H1) jeder der zweiten Düsennuten **50** größer als die Querschnittsfläche D1 (W1 × H1) jeder der ersten Düsennuten **48** (D2 > D1).

[0053] Die Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50** wird relativ zu der Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48** in Abhängigkeit von einem Verhältnis (L2:L1) eines zweiten Abstandes L2 zu einem ersten Abstand L1 festgelegt, wobei der erste Abstand L1 ein Abstand zwischen dem Öffnungsende der ersten Düsennut **48** und der Hauptseite **18** und der zweiten Abstand L2 der Abstand zwischen dem Öffnungsende der zweiten Düsennut **50** und der schrägen Seite **20** ist. Beispielsweise in einem Fall, in dem das Verhältnis des zweiten Abstandes L2 zu dem ersten Abstand L1 = 1,5 ist, wird die Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50** auf 1,5 × die Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48** eingestellt, da der zweite Abstand L2 1,5 × größer ist als der erste Abstand L1.

[0054] Da der zweite Abstand L2 zwischen der Düse **46** und der schrägen Seite **20** länger ist als der erste Abstand L1 zwischen der Düse **46** und der Hauptseite **18** (L1 < L2), wird sich die Strömungsrate des Druckfluides in der Nähe der Hauptseiten **18** von der Strömungsrate in der Nähe der schrägen Seiten **20** unterscheiden, wenn ein Druckfluid durch die Öffnungsen-

den der Düsen **46**, die auf dem gleichen Kreis angeordnet sind, mit gleichen Strömungsraten abgeführt wird. Anders ausgedrückt wird die Strömungsrate in der Nähe der schrägen Seiten **20** kleiner als die Strömungsrate in der Nähe der Hauptseiten **18** in Abhängigkeit von den ersten und zweiten Abständen L1, L2.

[0055] Um einen solchen Unterschied zu vermeiden, wird die Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50** in Abhängigkeit von dem Verhältnis des zweiten Abstandes L2 zu dem ersten Abstand L1 so gewählt, dass sie größer ist als die Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48**. Hierdurch nimmt die Strömungsrate des Druckfluides an der zweiten Düsennut **50** zu. Als Folge hiervon kann die Strömungsrate des Druckfluides nahe der schrägen Seiten **20** der Strömungsrate in der Nähe der Hauptseiten **28** angenähert werden.

[0056] In einem Fall, in dem der zweite Abstand L2 kleiner ist als der erste Abstand L1 (L1 > L2), wird dagegen die Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50** so gewählt, dass sie kleiner ist als die Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48** (D1 > D2).

[0057] An einer Endfläche des Vorsprungs **44** ist an einer Position, die radial einwärts der äußeren Umfangsfläche des Vorsprungs **44** positioniert ist, eine Ringnut ausgebildet. Der Dichtring **16** wird in der Nut angebracht. Der Dichtring **16** besteht beispielsweise aus einem elastischen Material und steht etwas von der Endfläche des Vorsprungs **44** vor.

[0058] An der Endfläche des Vorsprungs **44** ist außerdem eine Mehrzahl von Gewindelöchern **42** auf einem Kreis und an Positionen ausgebildet, die radial einwärts der Ringnut positioniert sind. Die Platte **14** wird erst in die Vertiefung **34** des Gehäuses **12** eingesetzt. Anschließend werden die Befestigungsbolzen **22** durch die Bolzenlöcher **24** eingesetzt und die Gewinde **22** der Befestigungsbolzen **23** werden in die Gewindelöcher **52** eingeschraubt. Dadurch wird die Platte **14** an dem Gehäuse **12** fixiert.

[0059] Wie in **Fig.** 4 gezeigt ist, ist die Platte **14** so in die Vertiefung **34** des Gehäuses **12** eingesetzt, dass die Basis **42** an der Seite der unteren Fläche **12b** (der Richtung des Pfeils B) des Gehäuses **12** positioniert ist, während der Vorsprung **44** an der Seite der oberen Fläche **12a** (der Richtung des Pfeils A) des Gehäuses **12** positioniert ist. Die Basis **42** ist in das dritte Loch **40** eingesetzt, und der Vorsprung **44** ist in die ersten und zweiten Löcher **36**, **38** so eingesetzt, dass der Dichtring **16** an der Bodenwandfläche **36a** des ersten Loches **36** anliegt. Hierdurch wird verhindert, dass Druckfluid, welches von dem Zufuhranschluss **32** dem zweiten Loch **38** zugeführt wird, zu dem zentralen Abschnitt der Bodenwandfläche **36a** in dem ersten Loch **36** strömt.

[0060] Außerdem ist ein ringförmiger Raum **54** mit einem bestimmten Freiraum zwischen dem Vorsprung **44** und der inneren Umfangsfläche **38b** des zweiten Loches **38** ausgebildet. Der Raum **54** steht mit dem Zufuhranschluss **32** und den Düsen **46** in Verbindung.

[0061] Außerdem liegt die Endfläche der Basis **42** an der Seite des Vorsprungs **44** an der Bodenwandfläche **40a** des dritten Loches **40** an. Durchgänge für ein Druckfluid sind zwischen den ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** der Nuten **46** und der Bodenfläche **40a** ausgebildet, wobei die Durchgänge an der Seite der inneren Umfangsfläche **40b** mit dem dritten Loch **40** in Verbindung stehen. Die Platte **14** ist so in die Vertiefung **34** des Gehäuses **12** eingesetzt, dass die Basis **42** nicht aus der Vertiefung **34** vorsteht. Die Endfläche der Platte **14** liegt im Wesentlichen bündig mit der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** oder ist etwas von der unteren Fläche **12b** in die Vertiefung **34** zurückgesetzt.

[0062] Da die Basis **42** und das Gehäuse **12** an anderen Positionen als den Düsen **46** aneinander anliegen, fließt das Druckfluid lediglich durch die Nuten **46** und nicht drumherum. Somit strömt das Druckfluid lediglich durch die Düsen **46** radial nach außen und strömt weiter durch den Raum **54** entlang der inneren Umfangsfläche **40b** des dritten Loches **40**.

[0063] Die berührungsfreie Transportvorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist im Wesentlichen wie oben beschrieben aufgebaut. Nachfolgend werden ihre Betriebsweise und Wirkungen erläutert. In der nachfolgenden Beschreibung wird ein Fall erläutert, bei dem ein achteckiges Werkstück S (beispielsweise eine Solarzelle), die durch Abschneiden der vier Ecken eines quadratischen Blocks in einem bestimmten Winkel erhalten wird, transportiert wird.

[0064] Zunächst wird ein Druckfluid durch eine an eine nicht dargestellte Druckfluidzufuhrquelle angeschlossene Leitung dem Zufuhranschluss **32** zugeführt. Das Druckfluid strömt von dem Zufuhranschluss **32** zu dem Raum **54** zwischen dem Vorsprung **44** der Platte **14** und dem zweiten Loch **38** des Gehäuses **12** und anschließend radial nach außen durch die ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** der Düsen **46**. Im Einzelnen strömt das Druckfluid von dem ringförmigen Raum **54** durch die acht ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** und wird dann in acht Richtungen radial nach außen abgeführt.

[0065] Da sich in diesem Fall die Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48** von der Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50** unterscheidet, ist die Strömungsrate des durch die zweite Düsennut **50** mit einer größeren Querschnittsfläche fließenden Druckfluides größer als die Strömungsrate durch die

erste Düsennut **48** mit einer kleineren Querschnittsfläche.

[0066] Als nächstes strömt das von den Düsen **46** abgeführte Druckfluid radial nach außen entlang der inneren Umfangsfläche **40b** des dritten Loches **40** und wird zu der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** geführt. Anschließend strömt das Druckfluid zu der unteren Fläche **12b** und fließt dann mit hoher Geschwindigkeit entlang der unteren Fläche **12b**. Dadurch wird an der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** durch den Bernoulli-Effekt ein Unterdruck generiert.

[0067] Die berührungsfreie Transportvorrichtung **10** mit dem Gehäuse **12** wird beispielsweise durch einen Roboterarm etc. verschoben. Hierbei wird das Gehäuse **12** parallel näher zu dem achteckigen Werkstück S bewegt, so dass die Hauptseiten **18** und die schrägen Seiten **20** des Gehäuses **12** der Form des Werkstücks S zugeordnet sind. Dann wird das Werkstück S durch die mittels des Unterdrucks generierte Ansaugung zu der unteren Fläche **12b** gezogen. Da in diesem Fall zwischen dem Werkstück S und dem Gehäuse **12** eine Luftschicht vorliegt, in welcher das Druckfluid strömt, berührt das Werkstück S das Gehäuse **12** nicht. Dadurch wird das Werkstück S in einem kontaktfreien Zustand (berührungslos) gehalten.

[0068] Das Druckfluid wird durch die ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50**, die unterschiedliche Querschnittsflächen aufweisen, mit unterschiedlichen Strömungsraten nach außen abgeführt und strömt entlang der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12**.

[0069] In diesem Fall wird die Strömungsrate des Druckfluides, das von den zweiten Düsennuten **50** zu den vier schrägen Seiten **20** strömt, so eingestellt, dass sie größer ist als die Strömungsrate des Druckfluides, das von den ersten Düsennuten **48** zu den vier Hauptseiten **18** strömt. Somit kann in dem Gehäuse **12** auch in der Nähe der schrägen Seiten **20**, die einen größeren Abstand von den Düsen **46** aufweisen, das Druckfluid mit gleichen Strömungsraten fließen wie in der Nähe der Hauptseiten **18**. Hierdurch kann ein ausreichender Unterdruck generiert werden, um das Werkstück S sowohl in der Nähe der Hauptseiten **18** als auch in der Nähe der schrägen Seiten **20** zu halten. Dadurch wird das Werkstück S zuverlässig und stabil gehalten.

[0070] Anders ausgedrückt wird das gesamte Werkstück S stabil im Wesentlichen parallel zu dem Gehäuse **12** gehalten.

[0071] Als nächstes wird mit Bezug auf die **Fig.** 8A und **Fig.** 8B eine Änderung der Vibration des Werkstücks S in der Nähe der Ecken Sa erläutert. **Fig.** 8A ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Änderung der Vibration und der Zeit in einem Fall darstellt, in dem ein achteckiges Werkstück S mit Hilfe der berührungsfreien Transportvorrichtung **10** gemäß der vorliegenden Erfindung gehalten wird. **Fig.** 8B ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Änderung der Vibration und der Zeit in einem Fall darstellt, in welchem das achteckige Werkstück S mittels einer herkömmlichen berührungsfreien Transportvorrichtung gehalten wird.

[0072] Wie aus **Fig.** 8A ersichtlich ist, wird das Werkstück in einem Zustand, in welchem das Werkstück S durch die berührungsfreie Transportvorrichtung **10** gemäß der vorliegenden Erfindung gehalten wird, nach oben (+) und nach unten (–) relativ zu einem Referenzwert C der Verschiebung 0, die anzeigt, dass das Werkstück S nicht verschoben wird, verschoben. Die Verschiebung weicht nach oben und unten ab, so dass das Werkstück vibriert. Die Amplituden der Vibration sind aber kleiner als bei der herkömmlichen berührungsfreien Transportvorrichtung, die in **Fig.** 8B gezeigt ist.

[0073] Wie sich aus den **Fig.** 8A und **Fig.** 8B ergibt, kann somit eine Vibration des Werkstücks S in der Nähe der Ecken Sa, die am empfindlichsten gegenüber Vibrationen sind, im Vergleich zu einem Fall, bei dem ein nicht kreisförmiges Werkstück S durch die herkömmliche berührungsfreie Transportvorrichtung gehalten wird, wirksam verhindert werden. Dementsprechend kann die berührungsfreie Transportvorrichtung **10** gemäß der vorliegenden Ausführungsform das Werkstück S zuverlässig und stabil halten. Eine Beschädigung oder dergleichen des Werkstücks S durch die Vibration kann zuverlässig vermieden werden.

[0074] Wenn die berührungsfreie Transportvorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform ein nicht kreisförmiges Werkstück, beispielsweise ein achteckiges Werkstück S oder dergleichen, hält und transportiert, hat das Werkstück **12** in der oben beschriebenen Weise einen achteckigen Querschnitt, so dass die Form des Gehäuses **12** der Form des Werkstücks S entspricht. Außerdem ist eine Mehrzahl von Düsen **46** vorgesehen, um ein Druckfluid zu der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** zu führen. Die Düsen **46** sind jeweils so angeordnet, dass sie senkrecht zu den Hauptseiten **18** und den schrägen Seiten **20**, welche die äußeren Kantenabschnitte des Gehäuses **12** bilden, angeordnet sind. Außerdem wird die Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennuten **50**, welche den schrägen Seiten **20** zugewandt sind, relativ zu der Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennuten **48**, welche den Hauptseiten **18** zugewandt sind, in Abhängigkeit von einem Verhältnis des zweiten Abstandes L2 zwischen den schrägen Seiten **20** und dem Öffnungsende der zweiten Düsennut **50** zu dem ersten Abstand L1 zwischen der

Hauptseite **18** und dem Öffnungsende der ersten Düsennut **48** festgelegt.

[0075] Dementsprechend wird die Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50**, die einen größeren Abstand von der schrägen Seite **20** aufweist, größer gewählt als die Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48**. Somit kann das Druckfluid auch in der Nähe der schrägen Seiten **20**, die einen größeren Abstand von den Düsen **46** aufweisen, mit adäquaten Strömungsraten strömen.

[0076] Wenn das Druckfluid von den Düsen **46** entlang der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** abgeführt wird, variieren hierdurch die Strömungsraten in der Nähe der Hauptseiten **18** und der Nähe der schrägen Seiten **20** nicht. Sie können somit einander im Wesentlichen angeglichen werden. Hierdurch kann die Ansaugkraft, die an der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** erzeugt wird, über die gesamte untere Fläche **12b** im Wesentlichen gleichmäßig aufgebracht werden. Dementsprechend kann das achteckige Werkstück S durch Ansaugen zu dem Gehäuse **12** angezogen und zuverlässig und stabil transportiert werden.

[0077] Die Form des Gehäuses **12** wird in Abhängigkeit von der Form eines Werkstücks S festgelegt und ist so gestaltet, dass ihre äußere Form eine Mehrzahl von größeren Kantenabschnitten aufweist. Die Zahl der ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** wird in Abhängigkeit von der Zahl der äußeren Kantenabschnitte festgelegt. Die Querschnittsflächen D1, D2 werden in Abhängigkeit von Abständen zwischen den äußeren Kantenabschnitten und den ersten Düsennuten **48** und zwischen den äußeren Kantenabschnitten und den zweiten Düsennuten **50** festgelegt. Dadurch können Werkstücke S mit unterschiedlichen Formen zuverlässig und stabil transportiert werden.

[0078] Bei der obigen Ausführungsform umfasst die Form des Gehäuses **12** zwei Arten äußerer Kantenabschnitte (Hauptseiten **18**, schräge Seiten **20**) mit unterschiedlichen Abständen zu den Düsen **46**. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Beispielsweise kann die Form des Gehäuses **12** auch drei Arten äußerer Kantenabschnitte mit unterschiedlichen Abständen zu den Düsen **46** aufweisen. In diesem Fall kann die berührungsfreie Transportvorrichtung Düsennuten mit drei Arten von Querschnittsflächen in Abhängigkeit von dem Abstand zwischen den Düsen und den äußeren Kantenabschnitten aufweisen. Hierdurch kann ein Werkstück mit einer äußeren Form, die der Form mit den drei Arten äußerer Kantenabschnitte entspricht, stabil transportiert werden.

[0079] Bei der berührungsfreien Transportvorrichtung **10** gemäß der oben beschriebenen Ausführungsform bestehen das Gehäuse **12** und die Platte **14** aus metallischem Material. Die vorliegende Erfindung ist jedoch hierauf nicht eingeschränkt. Beispielsweise können das Gehäuse **12** und die Platte **14** auch aus einem Harz- oder Kunststoffmaterial bestehen.

[0080] Bei der oben beschriebenen berührungsfreien Transportvorrichtung **10** sind die Düsen **46** an der Basis **42** der Platte **14** vorgesehen. Die Düsen **46** können jedoch auch an der Bodenfläche **40a** des dritten Loches **40** gegenüber der Basis **42** vorgesehen sein anstatt an der Seite der Platte **14**.

[0081] Außerdem haben bei der oben beschriebenen Ausführungsform die ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** einen rechteckigen Querschnitt mit Breiten W1, W2 und Tiefen H1, H2, die kleiner sind als die Breiten W1, W2. Die vorliegende Erfindung ist jedoch auch in dieser Hinsicht nicht eingeschränkt. Wenn sich die Größenbeziehung zwischen der Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48** und der Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50** nicht ändert, können die Tiefen H1, H2 auch so gewählt werden, dass sie größer sind als die Breiten W1, W2. Alternativ können die ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** auch einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen.

[0082] Anders ausgedrückt sind die Querschnittsformen der ersten und zweiten Düsennuten **48**, **50** nicht eingeschränkt, solange die Querschnittsfläche D1 der ersten Düsennut **48** und die Querschnittsfläche D2 der zweiten Düsennut **50** in Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen dem ersten Abstand L1 und dem zweiten Abstand L2 festgelegt werden.

[0083] Als nächstes wird eine berührungsfreie Transportvorrichtung **100** gemäß einer zweiten Ausführungsform mit Bezug auf die **Fig.** 9 bis **Fig.** 13 erläutert. Diejenigen Aufbauelemente der berührungsfreien Transportvorrichtung **100**, die die gleichen sind wie bei der berührungsfreien Transportvorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform, werden mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Insoweit wird auf die obige Beschreibung dieser Elemente verwiesen.

[0084] Die berührungsfreie Transportvorrichtung **100** gemäß der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich von der berührungsfreien Transportvorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform dahingehend, dass anstelle der Düsen **46** ein Fluidauslassabschnitt **102** mit einer gezackten Gestalt an der Platte **104** vorgesehen ist. Vorsprünge und Vertiefungen sind kontinuierlich entlang einer Umfangsrichtung des Abschnitts **102** ausgebildet.

[0085] Wie in den **Fig.** 9 und **Fig.** 10 gezeigt ist, ist der Fluidauslassabschnitt **102** an einer Endfläche der Basis **42** der Platte **104** an der Seite des Vorsprungs (in der Richtung des Pfeils A) angeordnet. Der Fluid-

auslassabschnitt **102** besteht aus einer Mehrzahl von (beispielsweise acht) oberen Abschnitten **106** und Talabschnitten (Auslasslöcher) **108**. Die oberen Abschnitte **102** stehen in einer Richtung weg von der Endfläche vor. Die Talabschnitte **108** sind zwischen den oberen Abschnitten **106** ausgebildet und in die Basis **42** zurückgesetzt.

[0086] Wie in den **Fig.** 11 bis **Fig.** 13 gezeigt ist, sind die oberen Abschnitte **106** entlang der Umfangsrichtung der Basis **42** mit gleichen Winkelabständen angeordnet. Jeder der oberen Abschnitte **106** hat einen im Wesentlichen dreieckigen Querschnitt, der sich in einer Richtung weg von der Basis **42** (in der Richtung des Pfeils A) verjüngt. Wenn die Platte **104** in das Gehäuse **12** eingesetzt wird, sind die oberen Abschnitte **106** der Bodenfläche **40a** des dritten Loches **40** zugewandt und weisen einen bestimmten Abstand von der Bodenfläche **40a** auf. Somit gibt es einen bestimmten Freiraum zwischen den oberen Abschnitten **106** des Fluidauslassabschnitts **102** und der Bodenfläche **40a** des dritten Loches **40** (vgl. **Fig.** 12 und **Fig.** 13).

[0087] Die Talabschnitte **108** haben jeweils einen dreieckigen Querschnitt, der durch zwei schräge Flächen definiert wird. Die beiden schrägen Flächen erstrecken sich jeweils von den angrenzenden oberen Abschnitten **106** in einer Richtung, in welcher sich die beiden schrägen Flächen einander annähern, und sind in eine Richtung geneigt, in der sie sich mit einem festen Winkel der Basis **42** annähern (in der Richtung des Pfeils B). Die Zahl der Talabschnitte **108** entspricht der Zahl der oberen Abschnitte **106** (beispielsweise acht). Die Talabschnitte **108** sind jeweils an dem Schnittpunkt der beiden schrägen Flächen am tiefsten. Es gibt zwei Arten von Talabschnitten **108**, nämlich erste Vertiefungen **112** und zweite Vertiefungen **114**, bei denen sich die Abstände von den oberen Abschnitten **106** an ihren jeweiligen tiefsten Punkten voneinander unterscheiden. Im Einzelnen weisen die ersten Vertiefungen **112** jeweils einen tiefsten Punkt **110a** auf, während die zweiten Vertiefungen **114** jeweils einen tiefsten Punkt **110b** aufweisen. Die Tiefe von dem oberen Abschnitt **106** an dem tiefsten Punkt **110b** ist größer als die Tiefe an dem tiefsten Punkt **110a**. Anders ausgedrückt sind in den Talabschnitten **108** die tiefsten Punkte **110b** der zweiten Vertiefungen **114** näher an dem Ende der Basis **42** (in der Richtung des Pfeils B) als die tiefsten Punkte **110a** der ersten Vertiefungen **112**.

[0088] Die offene Querschnittsfläche D4 der zweiten Vertiefung **114** relativ zu der offenen Querschnittsfläche D3 der ersten Vertiefung **112** wird in Abhängigkeit von einem Verhältnis des Abstandes zwischen dem Öffnungsende der zweiten Vertiefung **114** und der schrägen Seite **20** zu einem Abstand zwischen dem Öffnungsende der ersten Vertiefung **112** und der Hauptseite **18** festgelegt.

[0089] Wenn die Platte **104** in die Vertiefung **34** des Gehäuses **12** eingesetzt ist, sind die ersten Vertiefungen **112** den Hauptseiten **18** im Wesentlichen senkrecht zugewandt, während die zweiten Vertiefungen **114** den schrägen Seiten **20** im Wesentlichen senkrecht zugewandt sind.

[0090] Bei der obigen Erläuterung weisen die oberen Abschnitten **106** der Platte **104** einen Abstand von der Bodenfläche **140a** des dritten Loches **40** des Gehäuses **12** auf. Die Erfindung ist jedoch hierauf nicht eingeschränkt. Beispielsweise können die oberen Abschnitte **106** auch an der Bodenfläche **40a** anliegen.

[0091] Bei der berührungsfreien Transportvorrichtung **100**, die wie oben beschrieben aufgebaut ist, wird ein Druckfluid von dem Zufuhranschluss **32** dem Gehäuse **12** zugeführt. Dann wird das Druckfluid durch die ersten und zweiten Vertiefungen **112**, **114** des Fluidauslassabschnitts **102** radial nach außen abgeführt. Da die offenen Querschnittsflächen D3, D4 der ersten und zweiten Vertiefungen **112**, **114** sich in diesem Fall voneinander unterscheiden, ist die Strömungsrate des Druckfluides, das durch die zweiten Vertiefungen **114** mit einer größeren offenen Querschnittsfläche, abgeführt wird, größer als die Strömungsrate des Druckfluides, das durch die ersten Vertiefungen **112** mit einer kleineren offenen Querschnittsfläche abgeführt wird.

[0092] Dann wird das durch die ersten und zweiten Vertiefungen **112**, **114** abgeführte Druckfluid zu der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** geführt und strömt mit hoher Geschwindigkeit entlang der unteren Fläche **12b**. Dementsprechend wird an der unteren Fläche **12b** des Gehäuses **12** durch den Bernoulli-Effekt ein Unterdruck generiert. Dann wird das Werkstück S durch Ansaugen zu der unteren Fläche **12b** gezogen. Hierdurch wird das Werkstück S berührungslos an dem Gehäuse **12** gehalten.

Patentansprüche

1. Berührungsfreie Transportvorrichtung zum Anziehen eines Werkstücks durch Ansaugen durch die Zufuhr eines Druckfluides und zum Halten und Transportieren des Werkstücks in einem berührungsfreien Zustand, wobei die berührungsfreie Transportvorrichtung folgende Elemente aufweist:
einen Grundkörper (**12**), dessen äußere Form an die Form des Werkstücks angepasst ist, und
einen Fluidauslassabschnitt (**14**), der an einer dem Werkstück zugewandten Endfläche des Grundkörpers (**12**) vorgesehen ist, wobei der Fluidauslassabschnitt (**14**) eine Mehrzahl von Auslasslöchern (**46**) zum Abführen des Druckfluides entlang der Endfläche aufweist,
wobei die Endfläche des Grundkörpers (**12**) eine Mehrzahl von äußeren Kantenabschnitten (**18**, **20**)

aufweist, wobei sich der Abstand zwischen den Auslasslöchern (**46**) und den äußeren Kantenabschnitten (**18**, **20**) unterscheidet, und
wobei die Auslasslöcher (**46**) den äußeren Kantenabschnitten (**18**, **20**) zugewandt sind und Querschnittsflächen aufweisen, deren Größen proportional zu den Abständen zwischen den Auslasslöchern (**46**) und den äußeren Kantenabschnitten (**18**, **20**) ausgebildet sind.

2. Berührungsfreie Transportvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Zahl der Auslasslöcher (**46**) gleich der Zahl der äußeren Kantenabschnitte (**18**, **20**) ist, und dass die Auslasslöcher (**46**) senkrecht zu den Seitenwänden der äußeren Kantenabschnitte (**18**, **20**) angeordnet sind.

3. Berührungsfreie Transportvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Auslasslöcher (**46**) jeweils eine abgeflachte Form haben, die in einer Breitenrichtung parallel zu der Endfläche des Grundkörpers (**12**) größer und in einer Dickenrichtung des Grundkörpers (**12**) senkrecht zu der Breitenrichtung kleiner ist.

4. Berührungsfreie Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die äußeren Kantenabschnitte (**18**, **20**) der Endfläche des Grundkörpers (**12**) vier erste Seiten und vier zweite Seiten, welche jeweils zwischen den ersten Seiten angeordnet und um einen bestimmten Winkel relativ zu den ersten Seiten geneigt sind, aufweisen und dass der Grundkörper (**12**) eine achteckige Form aufweist, die durch die ersten Seiten und die zweiten Seiten festgelegt wird, und dass die Auslasslöcher (**46**) vier erste Durchgänge, die den ersten Seiten zugewandt sind, und vier zweite Durchgänge, die jeweils zwischen den ersten Durchgängen vorgesehen sind und den zweiten Seiten zugewandt sind, aufweisen.

5. Berührungsfreie Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Auslasslöcher (**46**) jeweils durch eine in dem Fluidauslassabschnitt (**14**) ausgebildete Nut gebildet werden.

6. Berührungsfreie Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Auslasslöcher (**46**) durch eine erste Düsennut (**48**) mit einer kleineren Querschnittsfläche und durch eine zweite Düsennut (**50**) mit einer Querschnittsfläche, die größer ist als die Querschnittsfläche der ersten Düsennut (**48**), gebildet werden und dass die erste Düsennut (**48**) einem der äußeren Kantenabschnitte (**18**) zugewandt ist, wobei der Abstand zwischen der ersten Düsennut (**48**) und dem einen der äußeren Kantenabschnitte (**18**) kleiner ist, während die zweite Düsennut (**50**) einem anderen der äußeren Kantenabschnitte (**20**) zugewandt ist, wobei der Abstand zwischen der zweiten Düsennut (**50**) und dem anderen der äußeren Kantenabschnitte (**20**) größer ist.

7. Berührungsfreie Transportvorrichtung zum Anziehen eines Werkstücks durch Ansaugen durch Zufuhr eines Druckfluids und zum Halten und Transportieren des Werkstücks in einem berührungsfreien Zustand, wobei die berührungsfreie Transportvorrichtung folgende Elemente aufweist:
einen Grundkörper (**12**), dessen äußere Form der Form des Werkstücks angepasst ist, und
einen Fluidauslassabschnitt (**102**), der an einer dem Werkstück zugewandten Endfläche des Grundkörpers (**12**) vorgesehen ist, wobei der Fluidauslassabschnitt (**102**) Auslasslöcher (**108**) zum Abführen des Druckfluides entlang der Endfläche aufweist, wobei die Auslasslöcher (**108**) von der Endfläche beabstandet sind,
wobei die Endfläche des Grundkörpers (**12**) eine Mehrzahl von äußeren Kantenabschnitten (**18**, **20**) aufweist, wobei die Abstände zwischen dem Fluidauslassabschnitt (**102**) und den äußeren Kantenabschnitten (**18**, **20**) unterschiedlich sind, und
wobei die Auslasslöcher (**108**) den äußeren Kantenabschnitten zugewandt sind und die Auslasslöcher (**108**) kontinuierlich entlang einer Umfangsrichtung des Fluidauslassabschnittes (**102**) so ausgebildet sind, dass die Auslasslöcher (**108**) von der Endfläche proportional zu den Abständen zwischen den Auslasslöchern (**108**) und den äußeren Kantenabschnitten (**18**, **20**) beabstandet sind.

8. Berührungsfreie Transportvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Auslasslöcher (**108**) jeweils zu einer Vertiefung mit einem dreieckigen Querschnitt geformt sind, wobei die Auslasslöcher (**108**) jeweils eine erste Vertiefung (**112**), deren Tiefe von einem oberen Abschnitt (**106**) des Fluidauslassabschnitts (**102**) kleiner ist, und eine zweite Vertiefung (**114**), deren Tiefe von dem oberen Abschnitt (**106**) größer ist als die der ersten Vertiefung (**112**), aufweisen.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

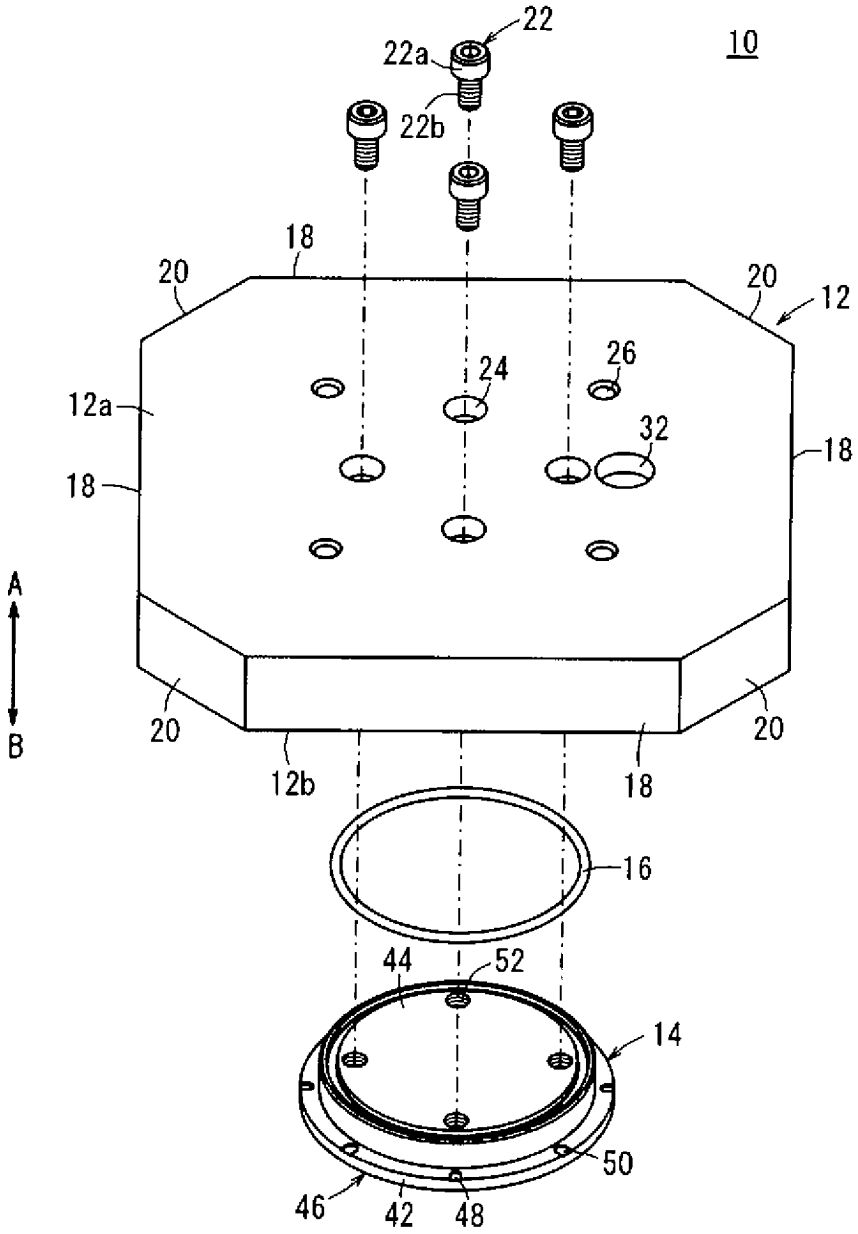


FIG. 2

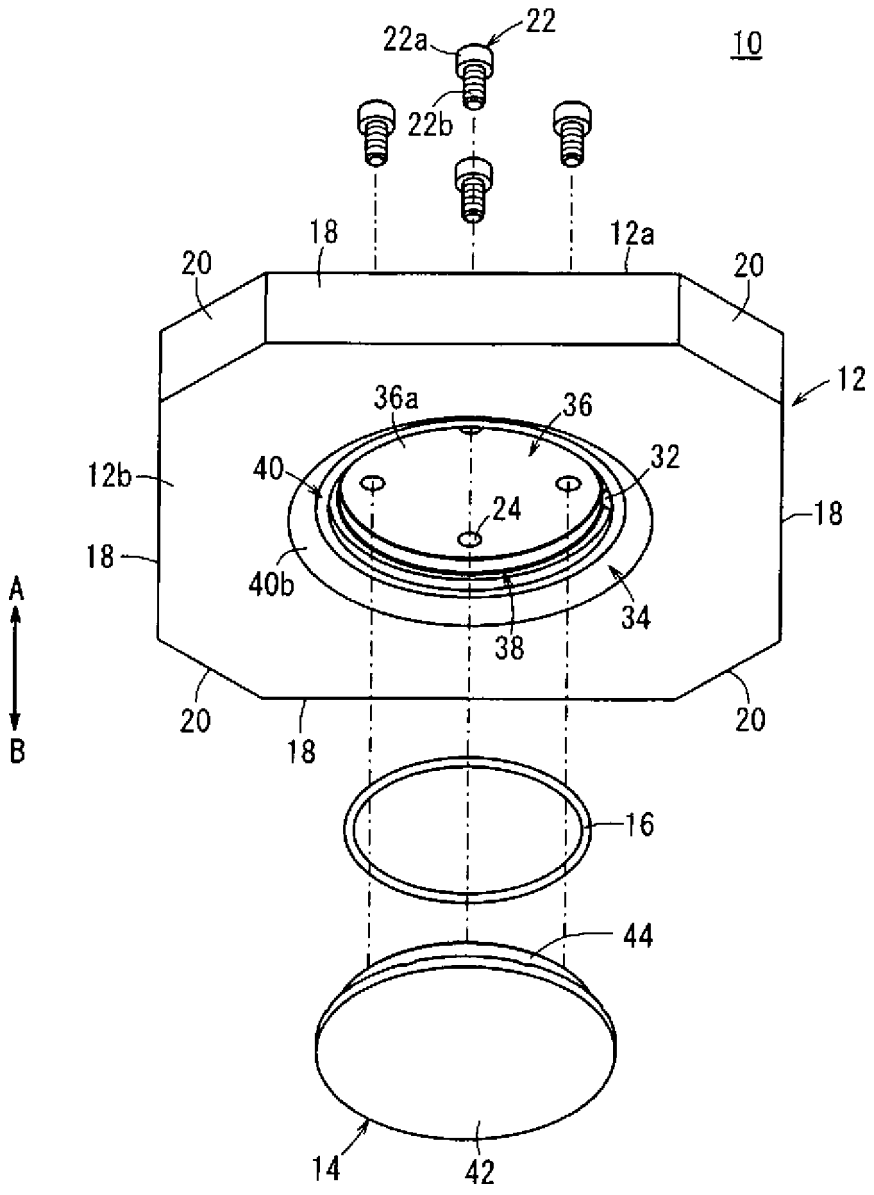

22
22a
10
22b
18
12a
20
20
12
36a
36
12b
40
32
24
18
18
40b
34
38
A
B
20
18
20
16
44
14
42

FIG. 3

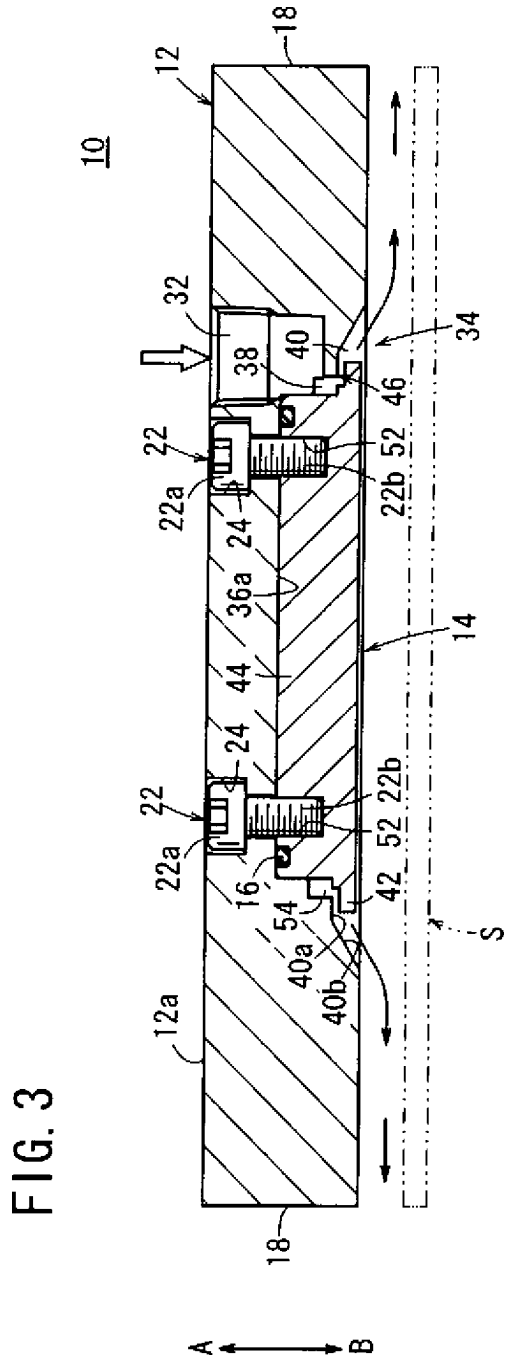

10
12
18
32
38
40
34
46
22
52
22b
22a
24
36a
14
44
24
22
22b
52
22a
16
42
54
S
40a
40b
12a
18
A
B

FIG. 4

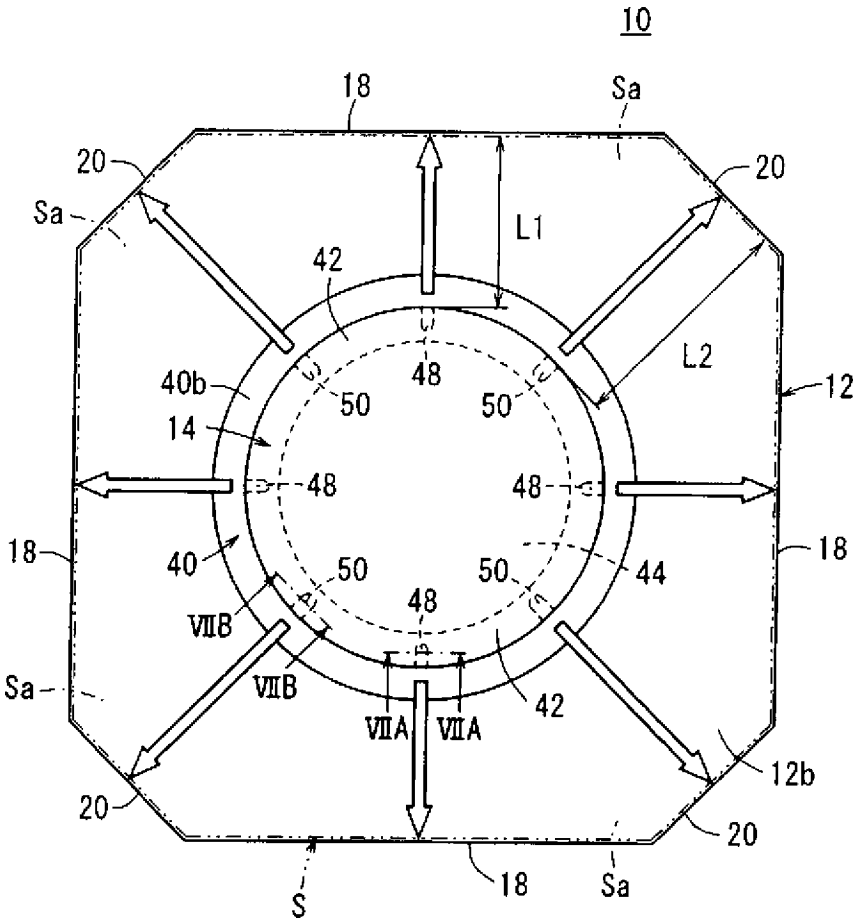

10
18
Sa
20
Sa
20
L1
42
L2
40b
48
50
50
12
14
48
48
18
40
50
50
44
18
48
VIIB
VIIB
VIIA
VIIA
42
Sa
12b
20
20
18
Sa
S

FIG. 5

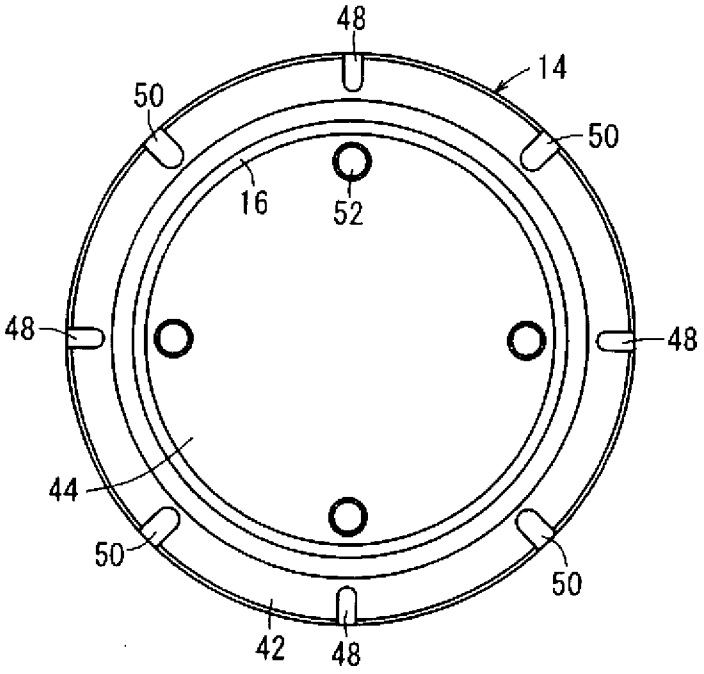


FIG. 6

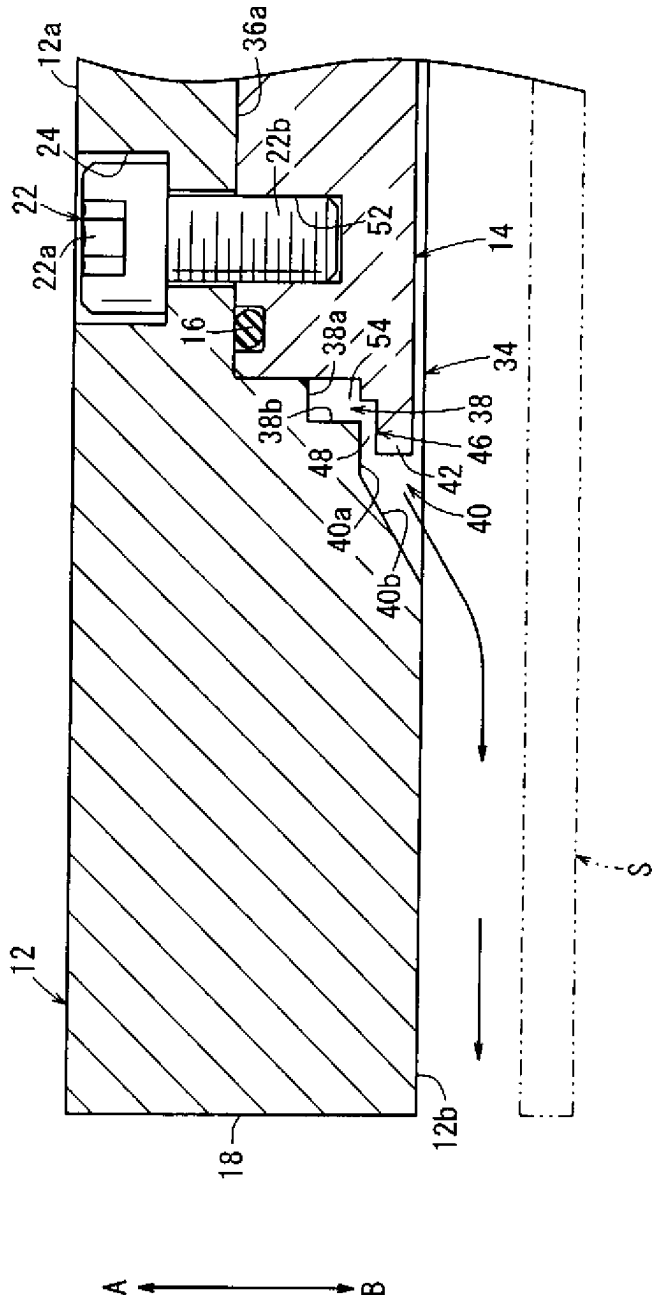

12a
36a
24
22
22a
22b
52
14
16
38a
54
34
38b
38
48
46
42
40
40a
40b
12
18
12b
S
A
B

FIG. 7A

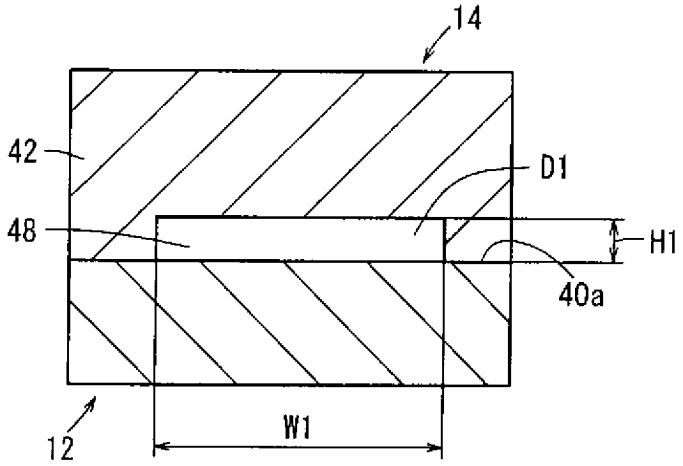


FIG. 7B

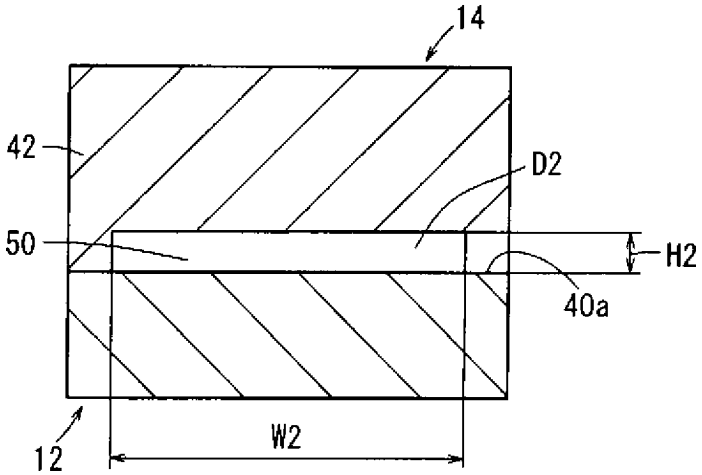


FIG. 8A

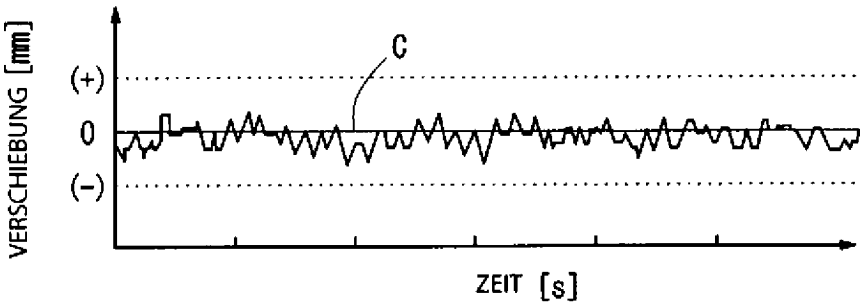


FIG. 8B

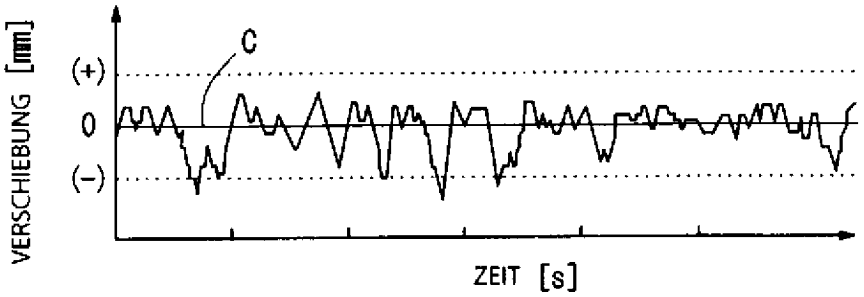


FIG. 9

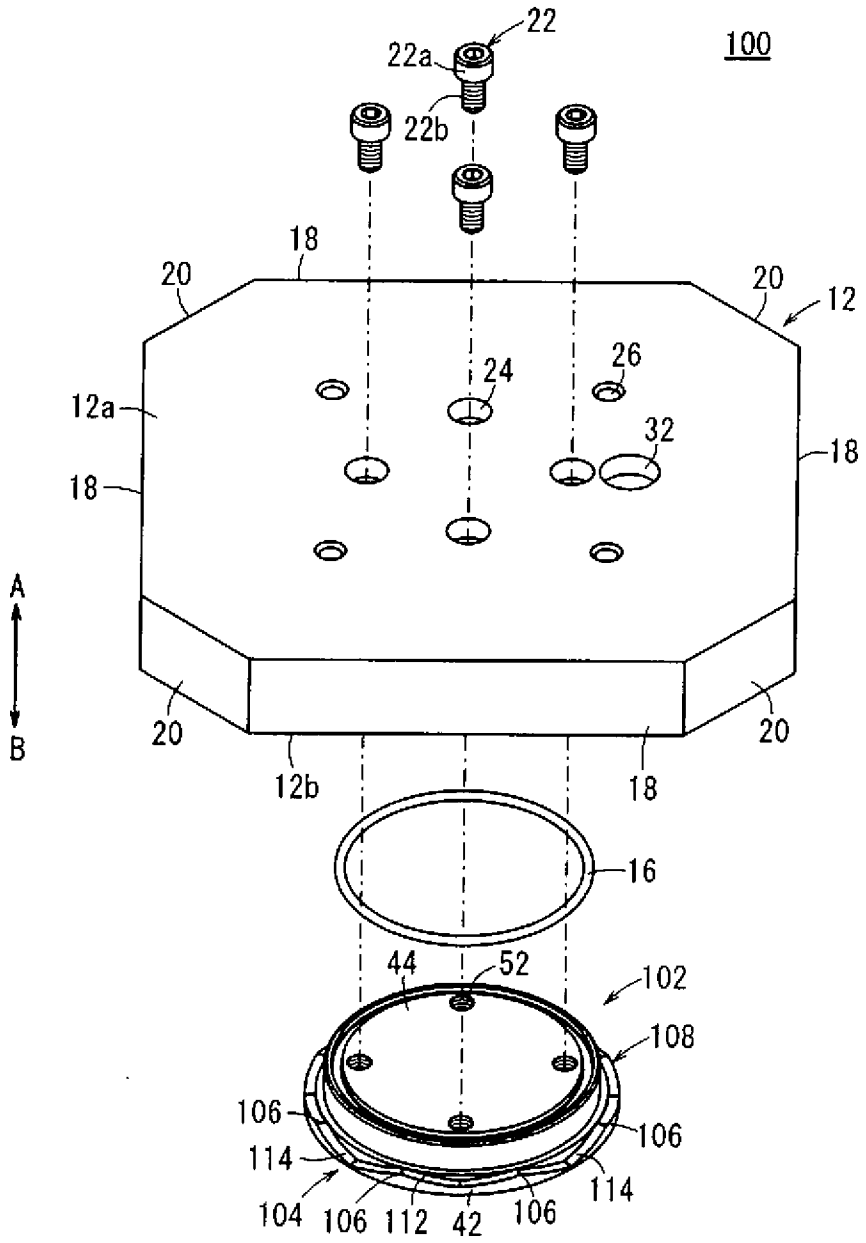

22
22a
22b
100
18
20
20
12
26
24
12a
32
18
18
A
B
20
20
12b
18
16
44
52
102
108
106
106
114
114
104
106
112
42
106

FIG. 10

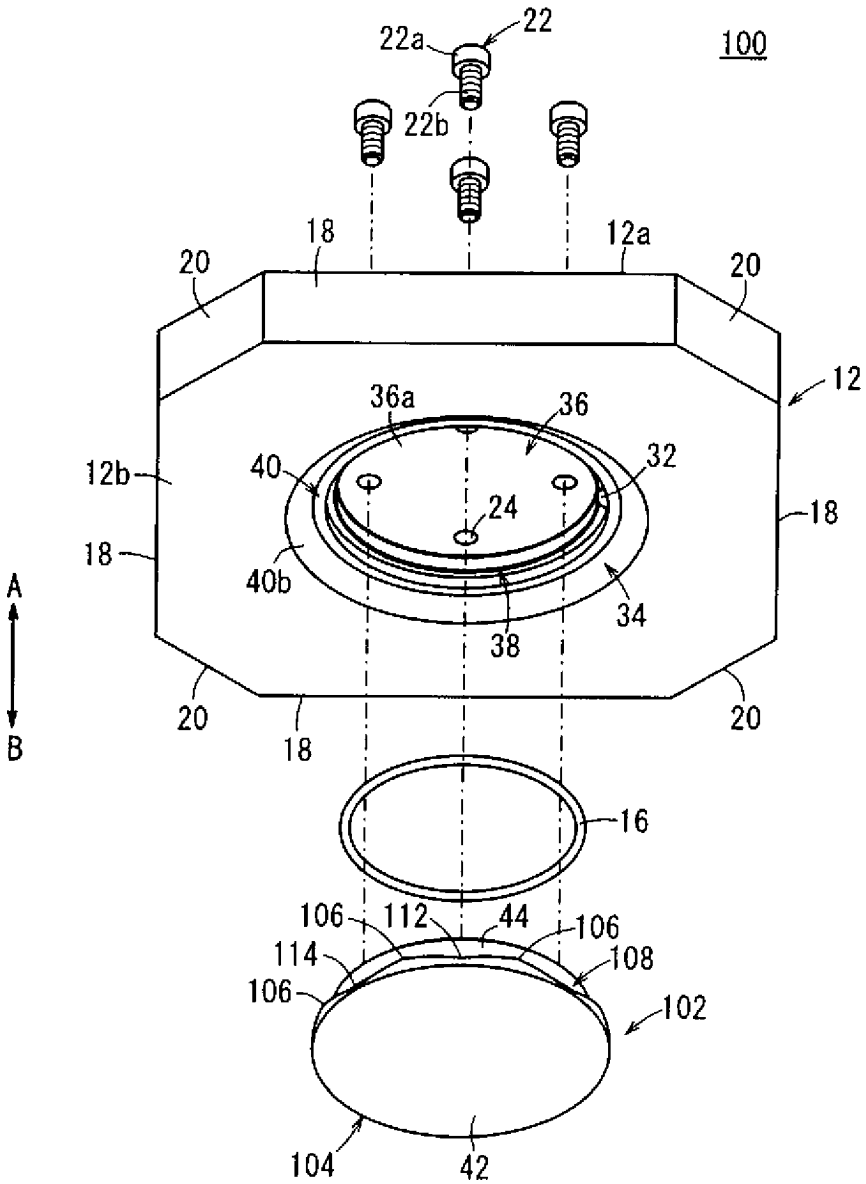

100
22
22a
22b
18
12a
20
20
12
36a
36
32
40
12b
24
18
18
40b
34
38
A
B
20
18
20
16
106
112
44
106
114
108
106
102
104
42

FIG. 11

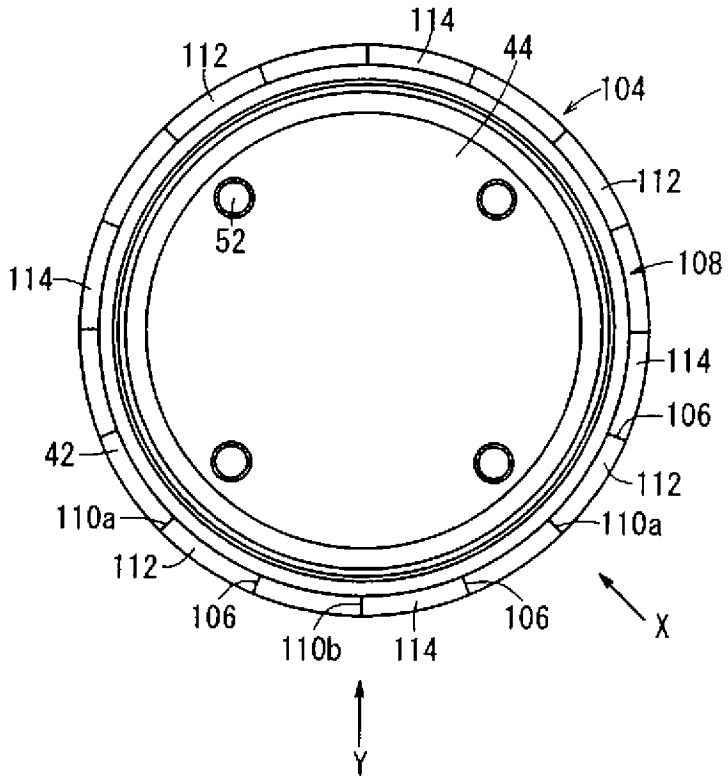

114
112
44
104
112
52
108
114
114
106
42
112
110a
110a
112
106
106
110b
114
X
Y

FIG. 12

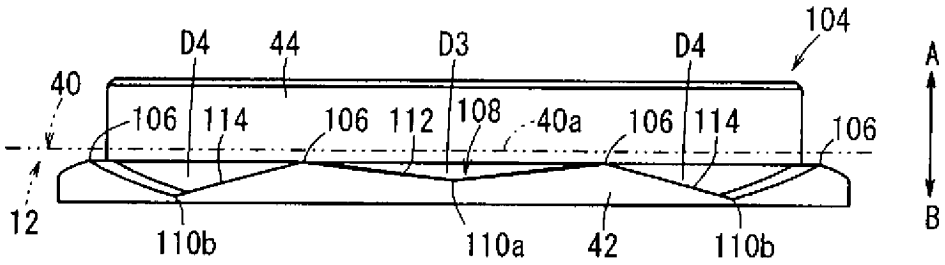
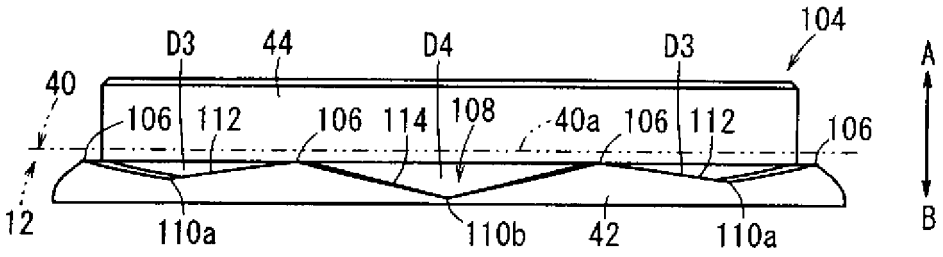

104
D4
44
D3
D4
A
40
106
114
106
112
108
40a
106
114
106
12
110b
110a
42
110b
B

FIG. 13


104
D3
44
D4
D3
A
40
106
112
106
114
108
40a
106
112
106
12
110a
110b
42
110a
B