

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年5月2日(02.05.2024)



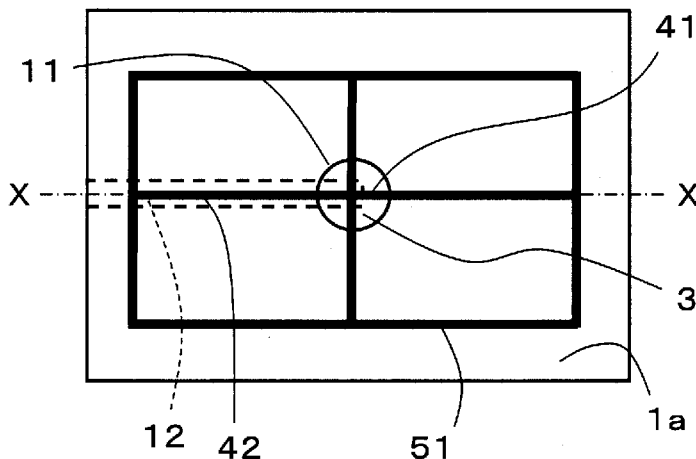
(10) 国際公開番号

WO 2024/090442 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 32/06 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01) *H01L 21/683* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/038377
- (22) 国際出願日: 2023年10月24日(24.10.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-171335 2022年10月26日(26.10.2022) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 明石 幸治 (AKASHI, Koji); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人ブナ国際特許事務所 (BUNA PATENT ATTORNEYS); 〒5406591 大阪府大阪市中央区大手前1丁目7番31号 OMMビル8階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: HYDROSTATIC GAS BEARING DEVICE

(54) 発明の名称: 静圧気体軸受装置



(57) Abstract: A hydrostatic gas bearing device according to the present disclosure comprises: a movable member; and a fixed member. A recess is located on a bearing surface of a base of the movable member or the fixed member, and an opening of a gas supply hole is located on the bottom surface of the recess. A porous body serving as a gas jetting-out part is positioned in the recess so as not to protrude from the bearing surface. In the surface of the porous body, a first groove reaching the outer circumference of the porous body from the center region of the surface is located. In the bearing surface of the base, a second groove in communication with the first groove is located.

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：本開示に係る静圧気体軸受装置は、可動部材と固定部材とを備える。可動部材または固定部材の基体の軸受面には、凹部が位置し、凹部の底面に気体供給孔の開口部が位置している。凹部には、気体の噴出部となる多孔質体が、軸受面から突出しないように位置している。多孔質体の表面には、表面の中心領域から多孔質体の外周に到る第1溝が位置している。基体の軸受面には、第1溝と連通する第2溝が位置している。

明 細 書

発明の名称： 静圧気体軸受装置

技術分野

[0001] 本開示は、静圧気体軸受装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、マスク露光装置などの半導体製造装置において、ステージを高精度にスキャンし、位置決めする装置としてエアースライドが使用されている。このようなエアースライドとしては、オリフィス絞りおよび表面絞りなどを採用したものが挙げられる。このようなエアースライドは、気体供給孔に異物が混入すると、気体の供給量が変化して剛性が低下し、移動体の動的な姿勢が安定されない。

[0003] そこで、特許文献1に記載のように、軸受部に多孔質部材を設け、多孔質部材に給気孔および加圧流体を排気するための排気溝を設けた静圧軸受装置が使用されている。特許文献1に記載の静圧軸受装置は、圧縮気体の噴出領域を大きくできる。そのため、軸受剛性を高めることができるものの、多孔質体内における気体の圧縮効果によって振動が発生するという課題がある。特に、半導体製造プロセスにおいては、半導体素子の高集積化および高性能化などに伴って、ステージに対する微振動の低減化が求められている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平5-10330号公報

発明の概要

課題を解決するための手段

[0005] 本開示に係る静圧気体軸受装置は、可動部材と固定部材とを備える。可動部材または固定部材の基体の軸受面には、凹部が位置し、凹部の底面に気体供給孔の開口部が位置している。凹部には、気体の噴出部となる多孔質体が、軸受面から突出しないように位置している。多孔質体の表面には、表面の

中心領域から多孔質体の外周に到る第1溝が位置している。基体の軸受面には、第1溝と連通する第2溝が位置している。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置を、直線案内装置に設けた例を示す説明図である。

[図2A]本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図2B]本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部の変形例を示す平面図である。

[図2C]本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部の他の変形例を示す平面図である。

[図3]図2Aに記載のX-X線で切断した断面を示す説明図である。

[図4]凹部の底面を示す平面図である。

[図5]本開示の他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図6]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図7]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図8]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図9A]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図9B]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図10]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

[図11A]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平

面図である。

[図11B]本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0007] 上記のように、従来の静圧軸受装置は、多孔質体内における気体の圧縮効果によって振動が発生するという課題がある。したがって、微振動および気体供給孔の詰まりによる剛性の低下を低減することができる静圧気体軸受装置が求められている。

[0008] 本開示に係る静圧気体軸受装置は、上記のような構成を有することによって、微振動および気体供給孔の詰まりによる剛性の低下を低減することができる。

[0009] 本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置を、図1～4に基づいて説明する。図1は、本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置を、直線案内装置に設けた例を示す説明図である。一実施形態に係る静圧気体軸受装置は、可動部材1と固定部材2とを備える。

[0010] 可動部材1は、略四角柱状を有する固定部材2を囲むように設けられている。可動部材1と固定部材2とは隙間を有するように位置しており、接していない。可動部材1の基体の軸受面1aまたは固定部材2の基体の軸受面2aから、圧縮気体を噴出させることによって静圧気体層が形成される。そのため、可動部材1と固定部材2とが非接触の状態、別の駆動手段（図示せず）を用いて可動部材1を固定部材2に沿って移動させることができる。

[0011] 可動部材1および固定部材2は、例えばセラミックスまたは金属などで形成されている。可動部材1および固定部材2を形成しているセラミックスとしては、例えば、アルミナ、ジルコニア、炭化珪素、窒化珪素または窒化アルミニウムなどを主成分とするセラミックスが挙げられる。金属としては、例えば、アルミニウムおよびステンレスなどが挙げられる。可動部材1および固定部材2は、同じ材料で形成されていてもよく、異なる材料で形成されていてもよい。

- [0012] 本明細書において「主成分」は、セラミックスを構成する成分の合計100質量%における80質量%以上を占める成分を意味する。セラミックスに含まれる各成分の同定は、CuK α 線を用いたX線回折装置で行い、各成分の含有量は、例えばICP (Inductively Coupled Plasma) 発光分光分析装置または蛍光X線分析装置により求めればよい。
- [0013] 以下、可動部材1の基体の軸受面1aから気体を噴出させる実施形態について、図2A~4に基づいて説明する。図2Aは、本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。図3は、図2Aに記載のX-X線で切断した断面を示す説明図である。図4は、凹部11の底面11aを示す平面図である。図2A~4に示すように、可動部材1の基体の軸受面1aには、凹部11と、凹部11の底面11aの一部に開口部12aを有する気体供給孔12とが位置している。
- [0014] 凹部11には、多孔質体3が位置している。凹部11の深さは限定されず、例えば1mm以上10mm以下である。多孔質体3は、気体の噴出部となる部材である。多孔質体3は、可動部材1の基体の軸受面1aから突出しないように、凹部11に固定されている。
- [0015] 凹部11の底面11aには、図3および4に示すように、可動部材1の外部と連通している気体供給孔12が接続されている。気体供給孔12は、図4に示すように、凹部11の底面11aの一部に開口部12aを有している。可動部材1の外部から気体供給孔12を通して、噴出部となる多孔質体3に気体が供給される。気体供給孔12は、例えば、基体の側面から形成された横穴でもよく、基体の底面から形成された縦穴でもよく、基体の側面から形成された横穴と、該横穴と底面11aとを接続する縦穴との組合せであってもよい。
- [0016] 多孔質体3は、例えばセラミックスで形成されている。このようなセラミックスとしては、例えば、アルミナ、ジルコニア、炭化珪素、窒化珪素または窒化アルミニウムなどを主成分とするセラミックスが挙げられる。多孔質体3は、凹部11が位置している部材（一実施形態においては、可動部材1

)と同じ材料で形成されていてもよい。多孔質体3は、凹部11が位置している部材と同じ材料で形成されている場合、熱膨張率の差が生じにくく温度変化時にも応力が生じにくい。そのため、変形などによって乱流が発生しにくくなり、乱流による微振動がより低減される。多孔質体3の気孔率は限定されず、例えば20%以上50%以下であってもよい。多孔質体3の平均粒子径は限定されず、例えば10 μ m以上100 μ m以下であってもよい。

[0017] 多孔質体3の気孔率は、例えば水銀圧入法で求められる。水銀圧入法とは、水銀圧入型ポロシメータを用いて、多孔質体3(試料)の気孔に水銀を圧入(水銀圧入法)し、気孔率を求める方法であり、JIS R 1655-2003に準拠して求めればよい。

[0018] 多孔質体3の厚みは、凹部11から突出しない範囲であれば限定されない。例えば、多孔質体3の上面と基体の軸受面(一実施形態では、可動部材1の基体の軸受面1a)とが面一であってもよい。多孔質体3の上面と基体の軸受面とが面一である場合、多孔質体3の上面と基体の軸受面との段差による乱流が発生しにくくなる。その結果、乱流による微振動がより低減される。

[0019] 多孔質体3の少なくとも底面が、凹部11の底面11aに接着されていてもよい。多孔質体3の少なくとも底面が、凹部11の底面11aに接着されていると、多孔質体3の固定強度を高めることができる。接着方法は限定されず、例えば、アラルダイト(登録商標、ハンツマン・ジャパン社製)およびトールシール(アジレント社製)などのエポキシ系接着剤を用いて接着される。さらに、多孔質体3は、気体供給孔12の開口部12a以外の凹部11の全面に接着されていてもよい。多孔質体3が、気体供給孔12の開口部12a以外の凹部11の全面に接着されていると、気体供給孔12から後述する第1溝41に気体がより流れやすくなる。その結果、気体が多孔質体3全体に分散しやすくなり、微振動がより低減される。

[0020] 多孔質体3の表面には、放射線状を有する複数の第1溝41が設けられている。平面視した場合、第1溝41は、図2Aに示すように、多孔質体3の

中心領域から外側に向かって形成されている。第1溝41は、多孔質体3の表面の中心領域から多孔質体3の外周に到るように少なくとも1つ形成されていれば限定されない。面内の圧力分布を均一化する観点から、第1溝41は3本以上8本以下でもよい。第1溝41の幅および深さは限定されない。幅は、例えば0.5mm以上2mm以下であってもよい。深さは、例えば0.005mm以上0.05mm以下であってもよい。

[0021] 第1溝41の長さ方向に垂直な断面形状は、特に限定されない。この断面形状は、例えば、溝の開口部と底部とが同じ幅であるコの字状、あるいは溝の開口部の幅が底部の幅よりも大きいV字状、またはU字状（底部に曲線を有する形状）などでもよい。特に、気体の乱流を低減するという観点からは、溝の開口部の幅が底部の幅よりも大きいV字状またはU字状であってもよい。溝の断面積が同じで、幅と深さが異なる溝を比較すると、溝の表面積は溝が縦長の（幅が深さよりも小さい）場合に大きくなる。そのため、抵抗による損失が大きくなりやすいので、溝の幅は深さより大きい方がよい。ただし、幅に対し深さが大きくなりすぎると微振動が増加しやすい。そのため、幅は深さの100倍以下であるとよい。

[0022] 複数の第1溝41において隣接する2本の第1溝41によって形成される角は、同じ角度を有していてもよい。このような構成を有することによって、第1溝41を流れる気体がより均等になる。その結果、気体の流れのばらつきが低減される。図2Aでは、4本の第1溝41が、90°の間隔を空けて形成されている。

[0023] 基体の軸受面（一実施形態では、可動部材1の基体の軸受面1a）には、第1溝41と連通する複数の第2溝42が設けられている。

[0024] 第2溝42は、第1溝41と連通しているため、図2Aに示すように、第1溝41と一直線上となるように位置している。第2溝42の幅および深さは、例えば、第1溝41の幅および深さと同じである。

[0025] 一実施形態に係る静圧気体軸受装置は、第1溝41、第2溝42を有する。そのため、多孔質体3から噴出する気体を、第1溝41によって第2溝4

2に移動させることができる。その結果、気体を可動部材1の基体に移動させることができる。したがって、可動部材1の基体で浮遊力を発生させることができ、浮遊力が安定して微振動が低減する。

[0026] 基体の軸受面1aには、第2溝42と交差する第1交差溝51が設けられていてもよい。このような構成によって、第2溝42を流れる気体を第2溝42と交差する方向にも分散でき、微振動がより低減される。「交差」としては、二差、三差および四差などが挙げられる。二差は、交点から2方向に向かう構造を意味し、例えば、L字型などが挙げられる。三差は、交点から3方向に向かう構造を意味し、例えば、T字型およびY字型などが挙げられる。四差は、交点から4方向に向かう構造を意味し、例えば、十字型、X字型および卍型などが挙げられる。

[0027] 第1交差溝51は、第2溝42の終端で接続されていてもよく、第2溝42の途中で接続されていてもよい。第1交差溝51は、その終端が第2溝42に接続されていてもよく、第1交差溝51の途中が第2溝45に接続されていてもよい。

[0028] 第1交差溝51は、隣接する第2溝45同士を接続していてもよい。これにより、軸受面1aに均一に気体が供給されやすい。図2Aでは、第1交差溝51は、第2溝42の終端同士を接続するように位置している。図2Aでは、第1交差溝51は、平面視した場合に、長形状の軸受面1aに合わせて長形状に形成されている。このように、第1交差溝51は、軸受面1aの外形状に平行に形成するのが好ましい。しかし、第2溝42同士を接続するように形成されていれば、第1交差溝51の形状は限定されない。

[0029] 例えば、第1交差溝51は、図2Aに示すように、第2溝42同士を接続するように環状に形成されていてもよい。第1交差溝51は基体の軸受面1aと相似形（図2Aのような長方形の軸受面1aであれば長方形の第1交差溝51）であってもよい。これにより、軸受面1aに均一に気体が供給されやすい。第1交差溝51の幅および深さは、例えば、第1溝41の幅および深さと同じである。

- [0030] 図2Aでは、第1交差溝51は、第2溝42の終端同士を接続するように環状に形成されている。しかし、第1交差溝51は、図2Bに示すように、第2溝42の終端以外の部分を接続するように環状に形成されていてもよい。図2Bは、本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部の変形例を示す平面図である。
- [0031] さらに、第1交差溝51は、図2Cに示すように、部分的に環状構造を有していてもよい（本開示では、このような部分的環状構造も環状とする）。図2Cは、本開示の一実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部の他の変形例を示す平面図である。
- [0032] 図5に示すように、多孔質体3には、第1溝41と交差接続する少なくとも1つの第2交差溝52が、さらに設けられていてもよい。図5は、本開示の他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。第2交差溝52が設けられることによって、気体の流れのばらつきが低減される。第2交差溝52は、複数の第1溝41間を接続していてもよい。これにより、多孔質体3の表面に均一に気体が供給されやすい。
- [0033] 第2交差溝52は、平面視した場合に、多孔質体3と相似形であってもよい。図5では、平面視した場合、多孔質体3は円形状を有しており、第2交差溝52も円形状（円環状）を有している。図5において第2交差溝52は、円形状（円環状）を有している。しかし、第2交差溝52は、第1溝41間を接続し得る形状であれば、環状に限定されない。
- [0034] 基体の軸受面（可動部材1の基体の軸受面1a）、多孔質体3の表面および各溝の内壁面の算術平均粗さ R_a は限定されない。例えば、基体の軸受面の算術平均粗さ R_a は、第2溝42の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さくてもよい。基体の軸受面の算術平均粗さ R_a が、第2溝42の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さい場合、第2溝42の内壁面は比較的粗く、流れる気体の速度を遅くすることができる。その結果、振動が吸収されて微振動が低減する。一方、基体の軸受面は比較的滑らかである。そのため、気体が軸受面（軸受面1a）に均一に広がりやすく、可動部材1をスムーズに移動

させることができる。

[0035] さらに、多孔質体3の表面の算術平均粗さ R_a は、第1溝41の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さくてもよい。多孔質体3の表面の算術平均粗さ R_a が、第1溝41の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さい場合、第1溝41の内壁面は比較的粗く、流れる気体の速度を遅くすることができる。その結果、振動が吸収されて微振動が低減する。一方、多孔質体3の表面は比較的滑らかである。そのため、気体が多孔質体3の表面に均一に広がりやすく、可動部材1をスムーズに移動させることができる。

[0036] 基体の軸受面の算術平均粗さ R_a は、例えば $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。多孔質体3の表面の算術平均粗さ R_a は、例えば $0.1\mu\text{m}$ 以上 $2.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。第1溝41の内壁面の算術平均粗さ R_a は、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以上 $3.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。第2溝42の内壁面の算術平均粗さ R_a は、例えば $1.0\mu\text{m}$ 以上 $4.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0037] 基体の軸受面、多孔質体3の表面および各溝の内壁面の算術平均粗さ R_a は、JIS B 0601:2001に準拠し、形状解析レーザ顕微鏡((株)キーエンス製、VK-X1100またはその後継機種)を用いて測定することができる。測定条件としては、測定倍率を240倍、カットオフ値 λ_s を無し、カットオフ値 λ_c を 0.08mm およびカットオフ値 f_s を無しとする。測定対象とする面1か所の測定範囲を $1420\mu\text{m}\times 1070\mu\text{m}$ として、測定対象とする面から測定範囲をそれぞれ4か所設定すればよい。各測定範囲に、測定対象とする線を略等間隔に4本引いて、表面粗さ計測を行えばよい。計測の対象とする線1本当たりの長さは、 $1320\mu\text{m}$ である。

[0038] 第1溝41の断面積は、第2溝42の断面積と同じか、第2溝42の断面積より大きくてもよい。多孔質体3は、微細穴による絞り効果(流体を細い穴に通すことで分子が圧縮される)で圧力が高くなって通気抵抗が大きくなる傾向がある。よって、上記のような多孔質体3の表面に溝を有する構成により、第1溝41の通気抵抗を小さくすることができ、第2溝42に気体を

スムーズに供給できる。第1溝41の断面積および第2溝42の断面積は、各溝の深さおよび幅の少なくとも一方を変えることで所望の断面積とすることができる。

[0039] 第1溝41の断面積とは、第1溝41を、その延伸方向に対して垂直に切断した断面において、多孔質体3の表面を通る仮想平面と第1溝41の内壁とで囲まれる領域の面積を意味する。第2溝42の断面積とは、第2溝42を、その延伸方向に対して垂直に切断した断面において、基体の軸受面を通る仮想平面と第2溝42の内壁とで囲まれる領域の面積を意味する。

[0040] 図6に示すように、基体の軸受面（可動部材1の基体の軸受面1a）に複数の凹部11が位置し、複数の多孔質体3が複数の凹部11それぞれに固定されていてもよい。図6は、本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。複数の多孔質体3が複数の凹部11それぞれに固定されることによって、軸受面内の気体噴出が均一になる。その結果、このように固定される構造は、例えば、より大面積の軸受面に適用できる。

[0041] 複数の多孔質体3が複数の凹部11それぞれに固定される実施形態では、図6に示すように、1つの多孔質体3、多孔質体3に設けられた第1溝41、第1溝41と連通する第2溝42、および第2溝42と交差する第1交差溝51を1つのユニットとした場合、ユニットは軸受面1aに複数位置しており、各ユニット同士が接触しないように、各ユニットが独立して位置していてもよい。

[0042] 各ユニットが独立して位置している場合、図7に示すように、隣接するユニット同士が、連通溝53を介して接続されていてもよい。図7は、本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。隣接するユニット同士が、連通溝53を介して接続されていると、各ユニットにおける気体の流れのばらつきが低減される。その結果、気体が軸受面（軸受面1a）に均一に広がりやすくなる。

[0043] さらに、図8に示すように、隣接するユニットは、一方のユニットの一部

である第1交差溝51の一部と、他方のユニットの一部である第1交差溝51の一部とが共有溝54によって共有されることによって、隣接するユニット同士が接続されていてもよい。言い換えれば、隣接するユニットのうち、一方のユニットの第1交差溝51の一部が共有溝54を含み、他方のユニットの第1交差溝51の一部もこの共有溝54を含んでいてもよい。これにより、隣接する多孔質体3同士の気体の流れのばらつきが低減される。その結果、気体が軸受面（軸受面1a）に均一に広がりやすくなる。

[0044] 多孔質体3の表面に第1溝41および第2交差溝52を形成する方法、ならびに基体の軸受面（可動部材1の基体の軸受面1a）に第2溝42、第1交差溝51および連通溝53を形成する方法について、溝が形成される方法であれば限定されない。

[0045] 例えば、多孔質体3および可動部材1の基体（または固定部材2の基体）を作製した後、研削または研磨などによって各溝が形成されてもよく、多孔質体3および基体を作製する際に、予め各溝が形成されるようにしてもよい。各溝を予め形成する方法としては、多孔質体3および基体がセラミックスで形成されている場合、各溝となる部分が形成された前駆体（成型体）を得、この前駆体を焼成すればよい。あるいは、基体の凹部11に多孔質体3が固定された後、各溝が形成されてもよい。この場合、第1溝41および第1溝41と連通する第2溝42が一体的に形成される。そのため、第1溝41と第2溝42との位置精度が向上する。

[0046] 本開示に係る静圧気体軸受装置は、上述の実施形態に係る静圧気体軸受装置に限定されない。上述の実施形態に係る静圧気体軸受装置では、第2溝42の終端同士を接続する第1交差溝51が設けられている。しかし、本開示に係る静圧気体軸受装置において、第1交差溝以外に、第1交差溝と多孔質体との間に、さらに交差溝が設けられていてもよい。このさらなる交差溝は、少なくとも1周設けられていればよく、第1交差溝と同心環状に設けられていてもよい。

[0047] 上述の他の実施形態に係る静圧気体軸受装置では、1つの多孔質体3、多

孔質体3に設けられた第1溝41、第1溝41と連通する第2溝42、および第2溝42の終端同士を接続する第1交差溝51を含むユニットが、2つ示されている。しかし、このユニットは3つ以上存在していてもよい。このユニットは、直線状に位置していてもよく、縦および横に格子状に位置していてもよく、ランダムに位置していてもよい。

[0048] 図9Aは、本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。図2Aの静圧気体軸受装置において、第1交差溝51の途中に、他の多孔質体3aおよび他の多孔質体3a上に位置する他の第1溝41aが位置していてもよい。このような場合でも、第1交差溝51で隣接する第2溝42同士を接続していると言える。

[0049] 図9Bは、本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。図2Aの静圧気体軸受装置において、第2溝42と第1交差溝51の接続部に、他の多孔質体3aおよび他の多孔質体3a上に位置する他の第1溝41aが位置していてもよい。このような場合でも、第1交差溝51は第2溝42に交差していると言える。

[0050] 図9Aおよび図9Bのような構成により、気体が供給される多孔質体の数を増やすことができる。そのため、軸受面に均一に気体を流すことができ、微振動がより低減される。

[0051] 図10は、本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。図10の静圧気体軸受装置は、多孔質体3と、この多孔質体3上に位置する第1溝41と、第1溝41に連通する第2溝42と、第2溝42に交差する第1交差溝51とを有していると言える。図10では、第2溝42と第1交差溝51の接続部に、他の多孔質体3aおよび多孔質体3a上に位置する他の第1溝41aが位置していると言える。このような構成でも、可動部材1の浮遊力が安定して微振動が低減する。

[0052] 図11Aは、本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。図11Aの静圧気体軸受装置は、多孔質体3と、この多孔質体3上に位置する第1溝41と、第1溝41に連通する第2溝42と

、第2溝42に交差する第1交差溝51とを有している。図11Aに示すように、第1交差溝51は、環状構造を有していなくてもよい。

[0053] 図11Bは、本開示のさらに他の実施形態に係る静圧気体軸受装置の要部を示す平面図である。図11Bは、図11Aの静圧気体軸受装置において第1交差溝51の終端に、他の多孔質体3aおよび他の多孔質体3a上に位置する他の第1溝41aが位置している。このような場合でも、第1交差溝51は第2溝42に交差していると言える。図11Aおよび図11Bのような構成でも可動部材1の浮遊力が安定して微振動が低減する。

実施例

[0054] 以下、実施例および比較例を挙げて本開示に係る静圧気体軸受装置を具体的に説明するが、本開示に係る静圧気体軸受装置は、下記の実施例に限定されるものではない。

[0055] (実施例1)

まず、図1に示すような静圧気体軸受装置を作製した。実施例1の静圧気体軸受装置に含まれる可動部材1は、アルミナ製であり、純度が99.5質量%のアルミナを用いて作製した。4つの軸受面1aの寸法について、それぞれ幅は100mmであり、移動方向の長さは100mmである。

[0056] 4つの軸受面1aそれぞれには、図2Aに示すような多孔質体3、第1溝41、第2溝42および第1交差溝51を含むユニットが、1つ含まれている。第2溝42および第1交差溝51は、いずれも1mmの幅および0.02mmの深さを有する。第1交差溝51は、平面視した場合に正方形の環状構造を有する。第1交差溝51において、可動部材1の移動方向に直交する方向の長さは50mmであり、可動部材1の移動方向の長さは50mmである。

[0057] 多孔質体3はアルミナ製であり、純度が99.5質量%のアルミナを用いて作製し、平均粒子径は80 μ mであり、気孔率は40%である。多孔質体3は10mmの直径を有している。多孔質体3に位置している第1溝41は、1mmの幅および0.02mmの深さを有する。

- [0058] 実施例1の静圧気体軸受装置に含まれる固定部材2は、アルミナ製であり、純度が99.5質量%のアルミナを用いて作製した。固定部材2の縦および横の長さは80mmであり、長手方向の長さ（可動部材1が移動する方向の長さ）は300mmである。
- [0059]（比較例1）
- 実施例1で使用した多孔質体3の代わりに、0.2mmの開孔径を有するオリフィス絞りを使用した以外は、実施例1と同様に静圧気体軸受装置を作製した。
- [0060] 実施例1の静圧気体軸受装置および比較例1の静圧気体軸受装置において、可動部材1の気体供給孔12に4kgf/cm²の圧縮気体をそれぞれ供給し、剛性および微振動について各々測定した。剛性は、荷重搭載時の浮上量変化量を測定した。微振動は、静電容量変位計を用いて移動体の微小変位を測定した。
- [0061] 実施例1の静圧気体軸受装置は、比較例1の静圧気体軸受装置と同程度の剛性を有していた。一方、微振動について、実施例1の静圧気体軸受装置は、比較例1の静圧気体軸受装置の約1/10に低減することができた。
- [0062] 以上、本開示の実施形態について説明した。しかし、本開示に係る発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、下記の（1）に示す本開示の範囲内で種々の変更および改良が可能である。
- [0063]（1）本開示に係る静圧気体軸受装置は、可動部材と固定部材とを備える。可動部材または固定部材の基体の軸受面には、凹部が位置し、凹部の底面に気体供給孔の開口部が位置している。凹部には、気体の噴出部となる多孔質体が、軸受面から突出しないように位置している。多孔質体の表面には、表面の中心領域から多孔質体の外周に到る第1溝が位置している。基体の軸受面には、第1溝と連通する第2溝が位置している。
- [0064] 本開示の実施形態に関し、以下の（2）～（16）に示す実施形態をさらに開示する。
- [0065]（2）上記（1）に記載の静圧気体軸受装置において、軸受面には、第2

溝と交差する第1交差溝が位置している。

(3) 上記(1)または(2)に記載の静圧気体軸受装置において、第2溝が少なくとも2つ位置しており、第1交差溝は隣接する第2溝同士を接続している。

(4) 上記(1)～(3)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、第1交差溝は環状である。

(5) 上記(1)～(4)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、多孔質体の表面と基体の軸受面とが面一である。

(6) 上記(1)～(5)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、多孔質体は、凹部が位置している部材と同じ材料である。

(7) 上記(1)～(6)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、多孔質体の少なくとも底面が、凹部に接着されている。

(8) 上記(7)に記載の静圧気体軸受装置において、多孔質体は、気体供給孔の開口部以外の凹部の全面に接着されている。

(9) 上記(1)～(8)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、第1溝が少なくとも2つ位置しており、隣接する2本の第1溝によって形成される角は、同じ角度を有する。

(10) 上記(1)～(9)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、多孔質体には、第1溝と交差する第2交差溝をさらに位置している。

(11) 上記(1)～(10)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、軸受面に複数の凹部が位置し、複数の多孔質体が複数の凹部それぞれに位置している。

(12) 上記(11)に記載の静圧気体軸受装置において、1つの多孔質体、多孔質体に位置する第1溝、第1溝と連通する第2溝、および第2溝と交差する第1交差溝を1つのユニットとした場合、ユニットは軸受面に複数位置しており、隣接するユニットが第2溝の少なくとも一部または第1交差溝の少なくとも一部を共有して接続している。

(13) 上記(11)に記載の静圧気体軸受装置において、1つの多孔質

体、多孔質体に位置する第1溝、第1溝と連通する第2溝、および第2溝と交差する第1交差溝を1つのユニットとした場合、ユニットは軸受面に複数位置しており、各ユニット同士が接触しないように、各ユニットが独立している。

(14) 上記(13)に記載の静圧気体軸受装置において、少なくとも2つのユニットにおいて、隣接する前記ユニット同士が、連通溝を介して接続されている。

(15) 上記(1)～(14)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、基体の軸受面の算術平均粗さ R_a は、第2溝の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さい。

(16) 上記(1)～(15)のいずれかに記載の静圧気体軸受装置において、多孔質体の表面の算術平均粗さ R_a は、第1溝の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さい。

符号の説明

- [0066]
- 1 可動部材
 - 1 a 可動部材の基体の軸受面
 - 1 1 凹部
 - 1 1 a 凹部の底面
 - 1 2 気体供給孔
 - 1 2 a 気体供給孔の開口部
 - 2 固定部材
 - 2 a 固定部材の基体の軸受面
 - 3 多孔質体
 - 3 a 他の多孔質体
 - 4 1 第1溝
 - 4 1 a 他の第1溝
 - 4 2 第2溝
 - 5 1 第1交差溝

5 2 第 2 交差溝

5 3 連通溝

5 4 共有溝

請求の範囲

- [請求項1] 可動部材と固定部材とを備え、
前記可動部材または前記固定部材の基体の軸受面には、凹部が位置し、該凹部の底面には気体供給孔の開口部が位置し、
前記凹部には、気体の噴出部となる多孔質体が、前記軸受面から突出しないように位置し、
前記多孔質体の表面には、該表面の中心領域から前記多孔質体の外周に到る第1溝が位置し、
前記基体の前記軸受面には、前記第1溝と連通する第2溝が位置している
静圧気体軸受装置。
- [請求項2] 前記軸受面には、前記第2溝と交差する第1交差溝が位置している、請求項1に記載の静圧気体軸受装置。
- [請求項3] 前記第2溝が少なくとも2つ位置しており、前記第1交差溝は隣接する前記第2溝同士を接続している、請求項2に記載の静圧気体軸受装置。
- [請求項4] 前記第1交差溝は環状である、請求項1～3のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。
- [請求項5] 前記多孔質体の表面と前記基体の前記軸受面とが面一である、請求項1～4のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。
- [請求項6] 前記多孔質体は、前記凹部が位置している部材と同じ材料である、請求項1～5のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。
- [請求項7] 前記多孔質体の少なくとも底面が、前記凹部に接着されている、請求項1～6のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。
- [請求項8] 前記多孔質体は、前記気体供給孔の開口部以外の前記凹部の全面に接着されている、請求項7に記載の静圧気体軸受装置。
- [請求項9] 前記第1溝が少なくとも2つ位置しており、隣接する2本の前記第1溝によって形成される角は、同じ角度を有する、請求項1～8のい

ずれかに記載の静圧気体軸受装置。

[請求項10] 前記多孔質体には、前記第1溝と交差する第2交差溝がさらに位置している、請求項1～9のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。

[請求項11] 前記軸受面に複数の前記凹部が位置し、複数の前記多孔質体が複数の前記凹部それぞれに位置している、請求項1～10のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。

[請求項12] 1つの前記多孔質体、該多孔質体に位置する前記第1溝、該第1溝と連通する前記第2溝および前記第2溝と交差する前記第1交差溝を1つのユニットとした場合、前記ユニットは前記軸受面に複数位置しており、隣接するユニットが各ユニットの少なくとも一部を共有して接続している、請求項11に記載の静圧気体軸受装置。

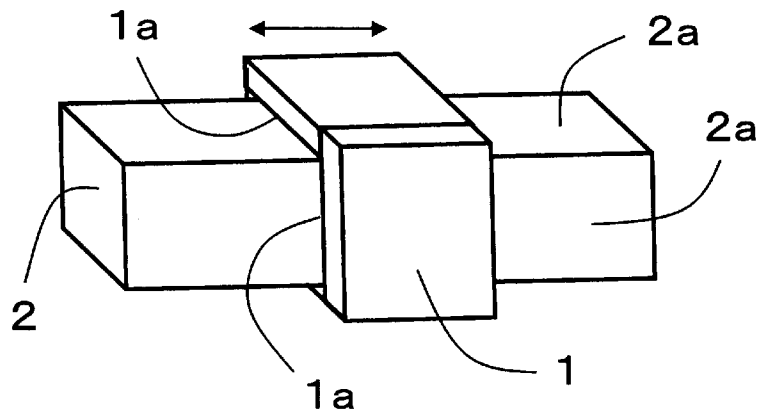
[請求項13] 1つの前記多孔質体、該多孔質体に位置する前記第1溝、該第1溝と連通する前記第2溝、および前記第2溝と交差する前記第1交差溝を1つのユニットとした場合、前記ユニットは前記軸受面に複数位置しており、各ユニット同士が接触しないように、各ユニットが独立している、請求項11に記載の静圧気体軸受装置。

[請求項14] 少なくとも2つの前記ユニットにおいて、隣接する前記ユニット同士が、連通溝を介して接続されている、請求項13に記載の静圧気体軸受装置。

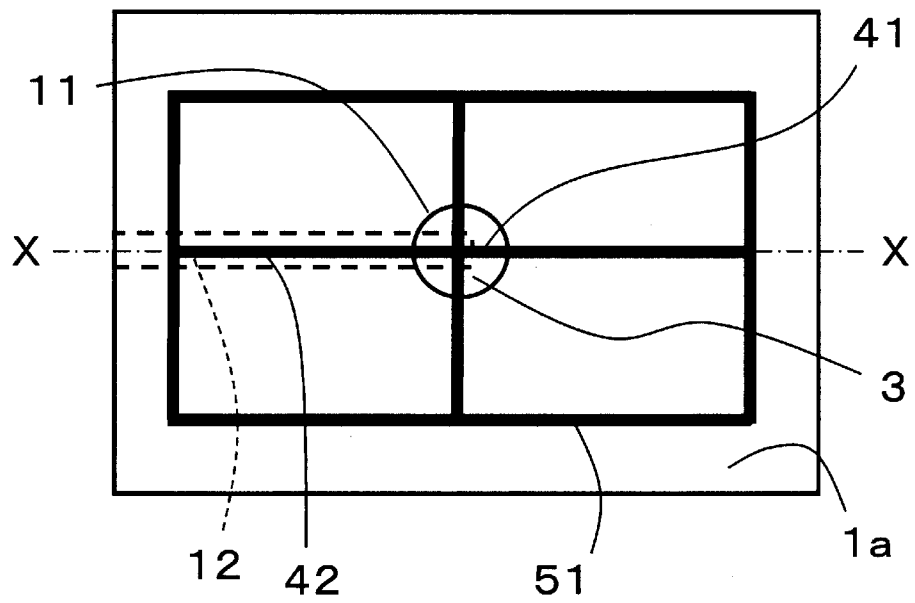
[請求項15] 前記基体の軸受面の算術平均粗さ R_a は、前記第2溝の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さい、請求項1～14のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。

[請求項16] 前記多孔質体の表面の算術平均粗さ R_a は、前記第1溝の内壁面の算術平均粗さ R_a よりも小さい、請求項1～15のいずれかに記載の静圧気体軸受装置。

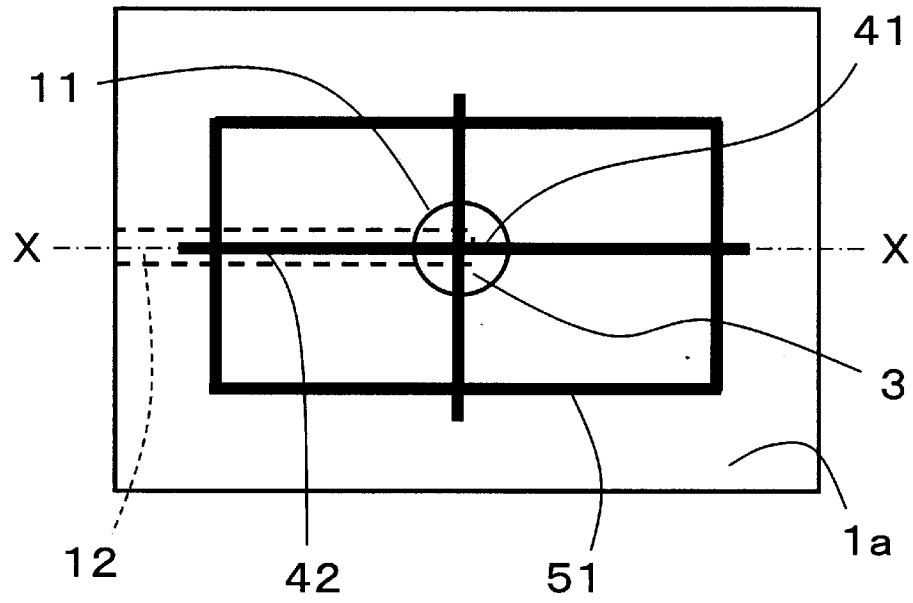
[図1]



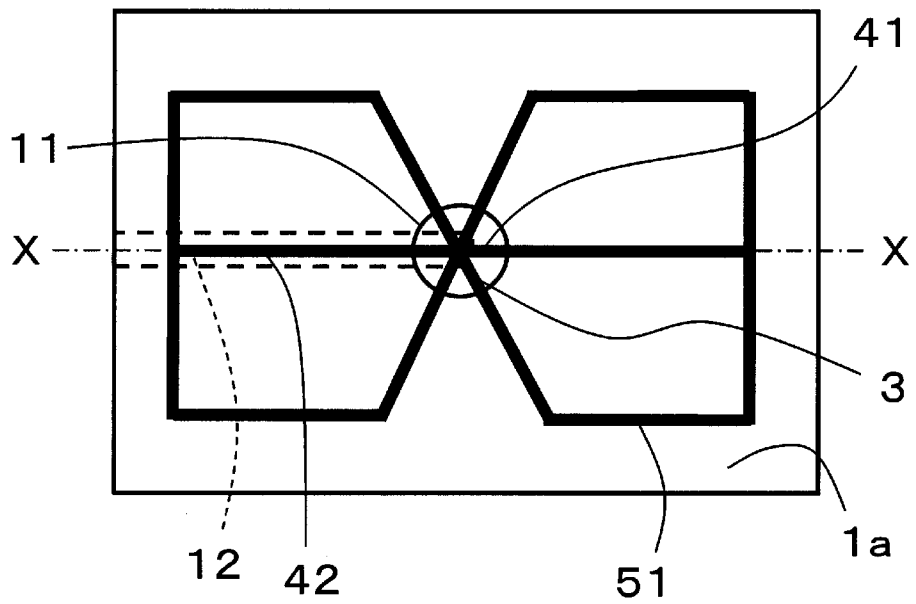
[図2A]



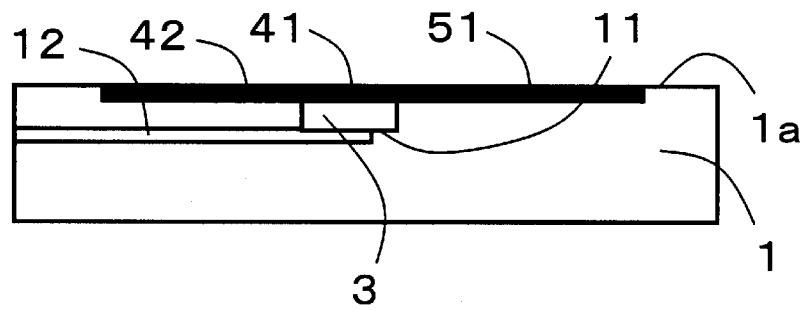
[図2B]



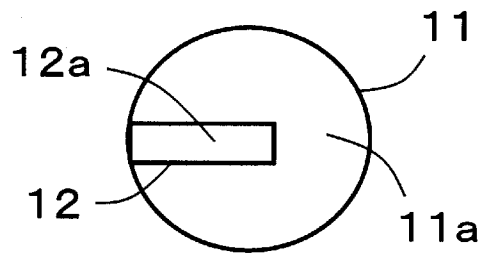
[図2C]



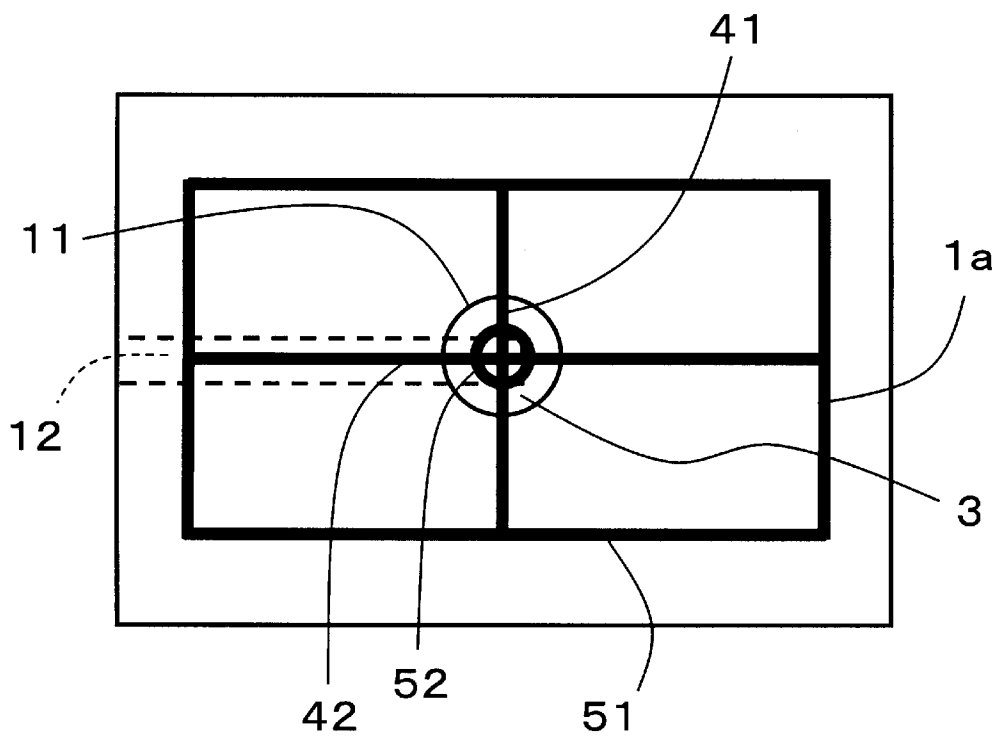
[図3]



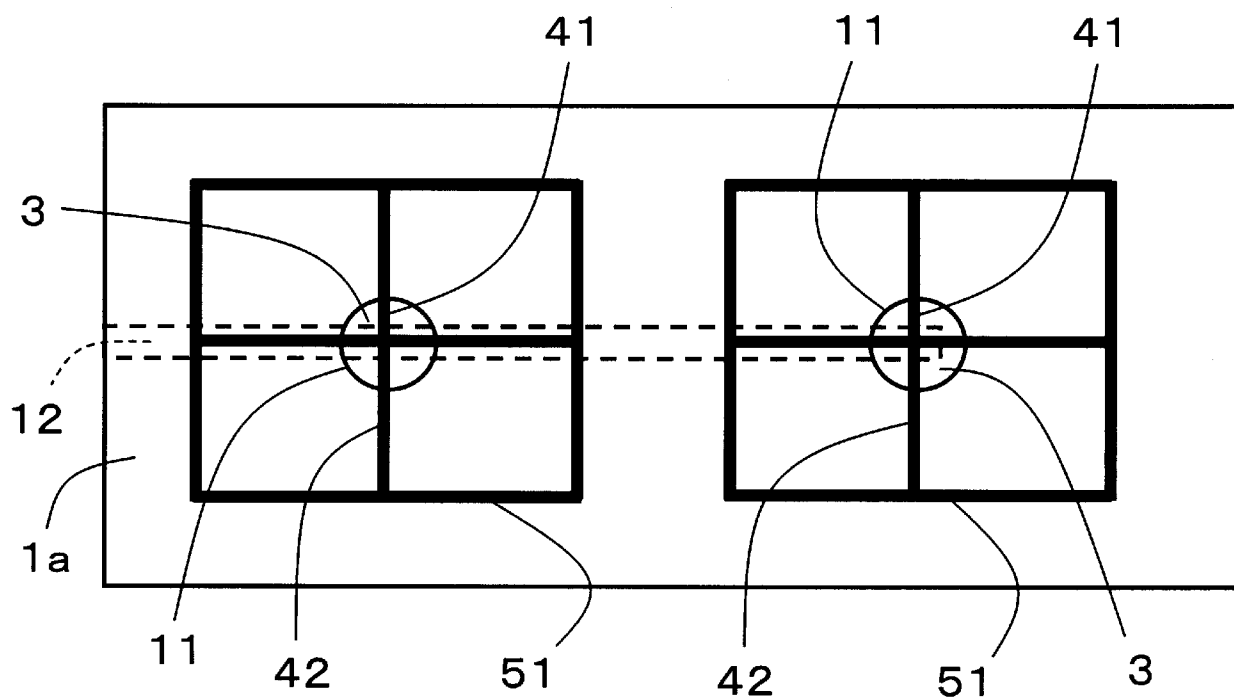
[図4]



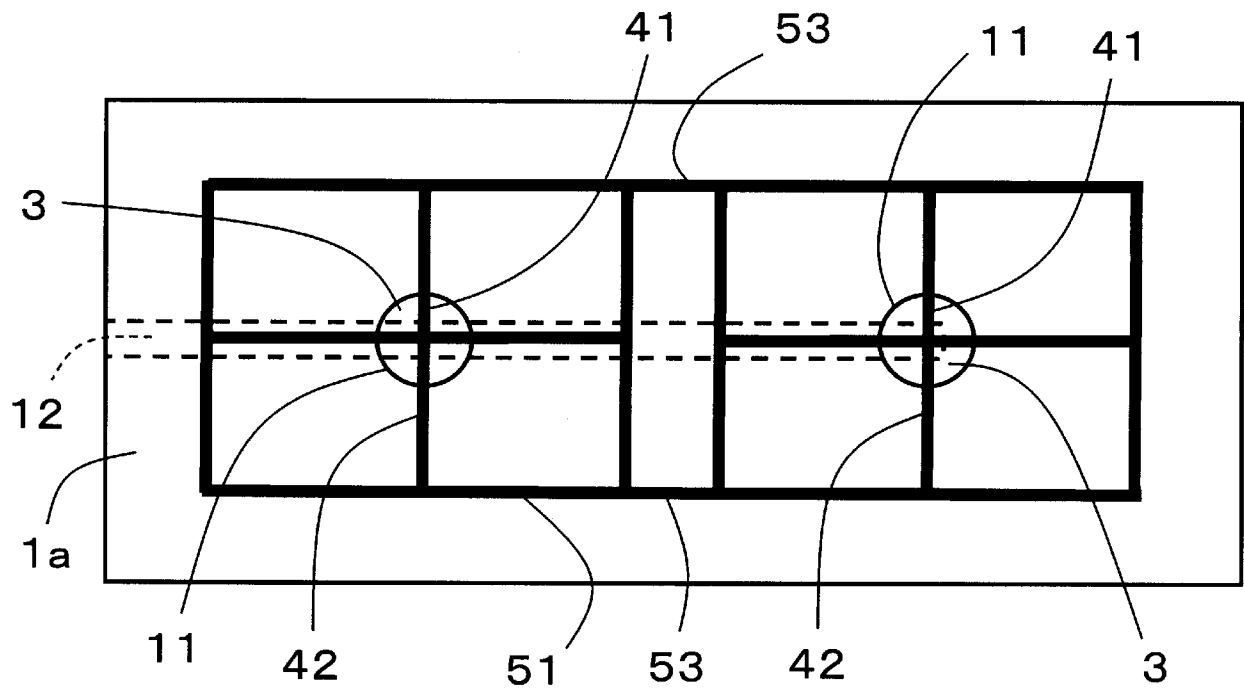
[図5]



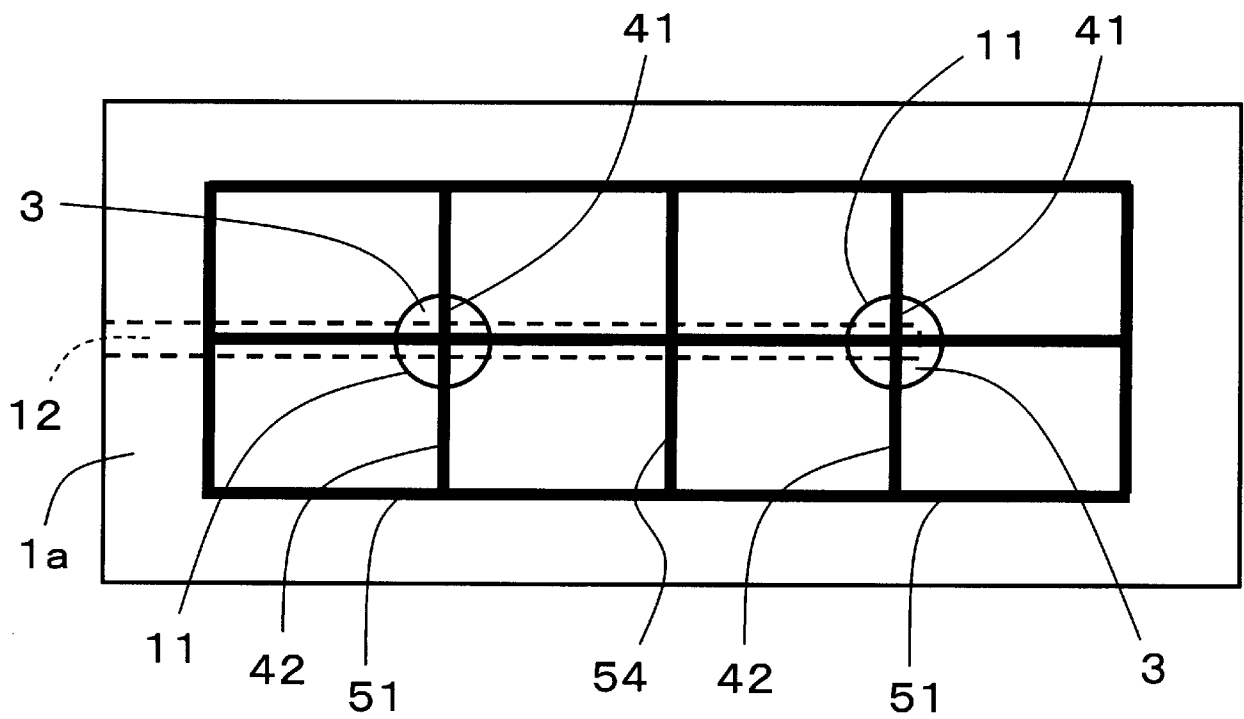
[図6]



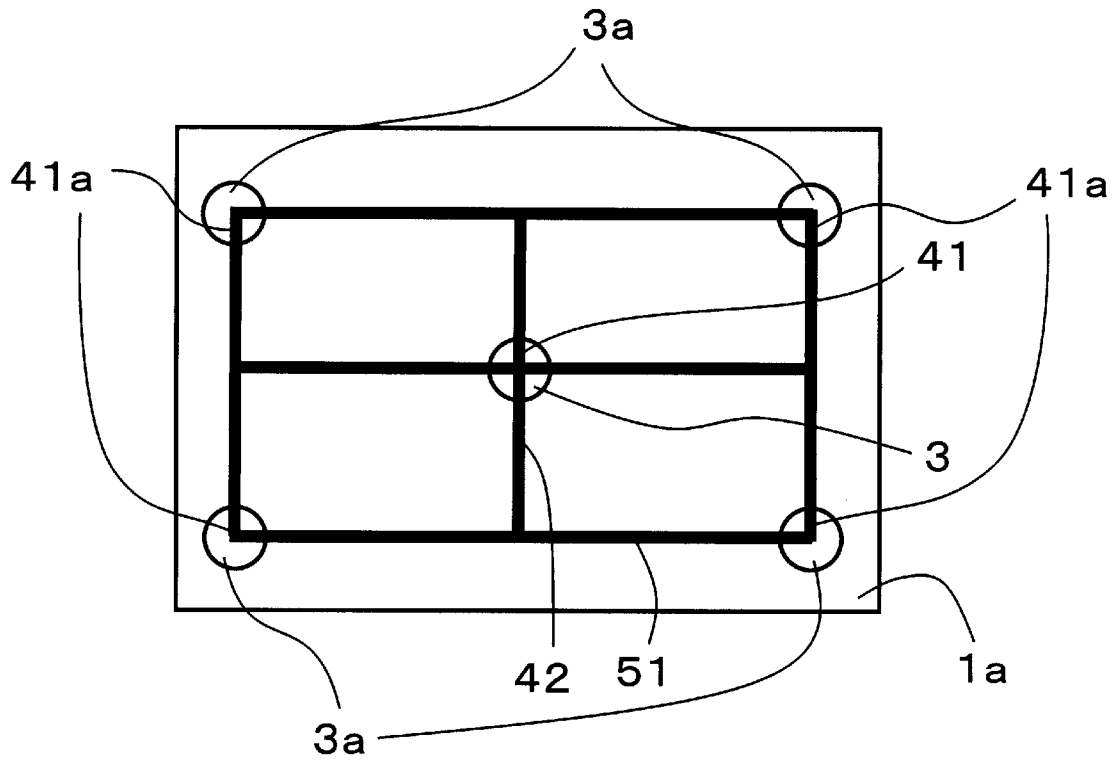
[図7]



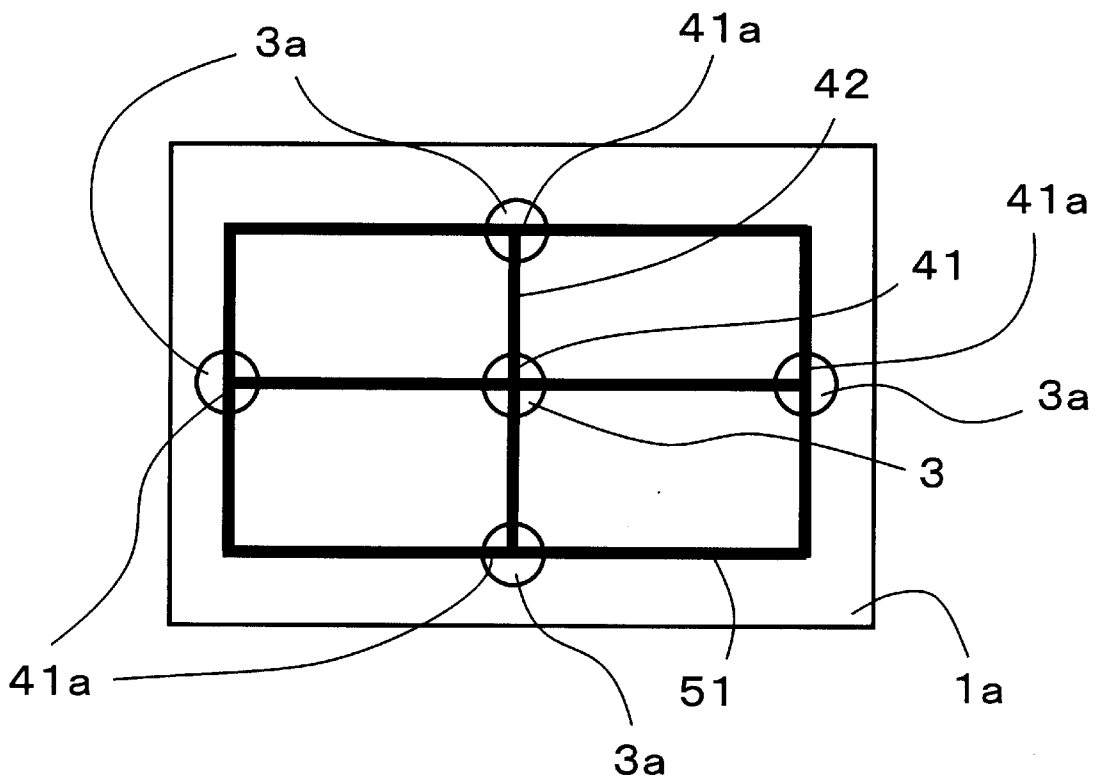
[図8]



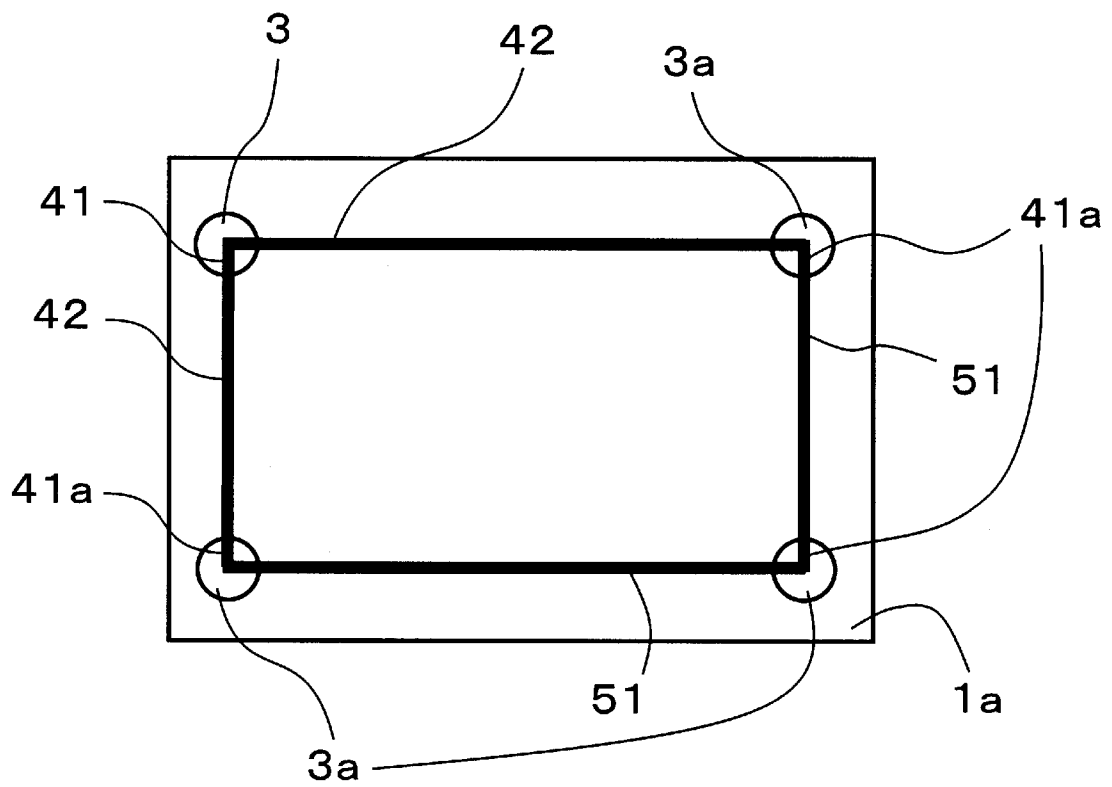
[図9A]



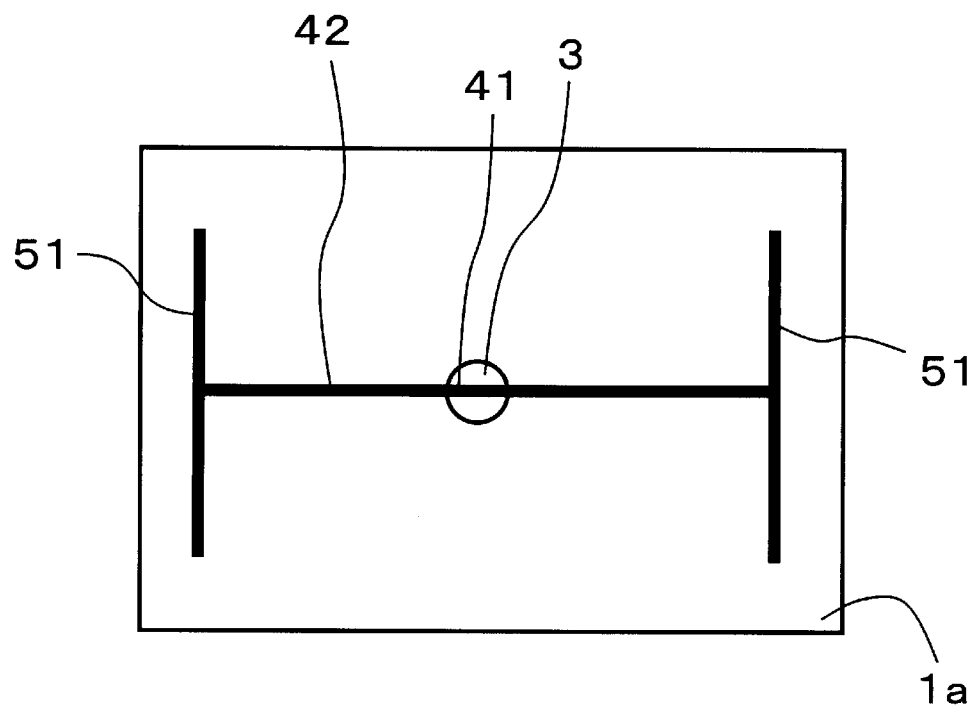
[図9B]



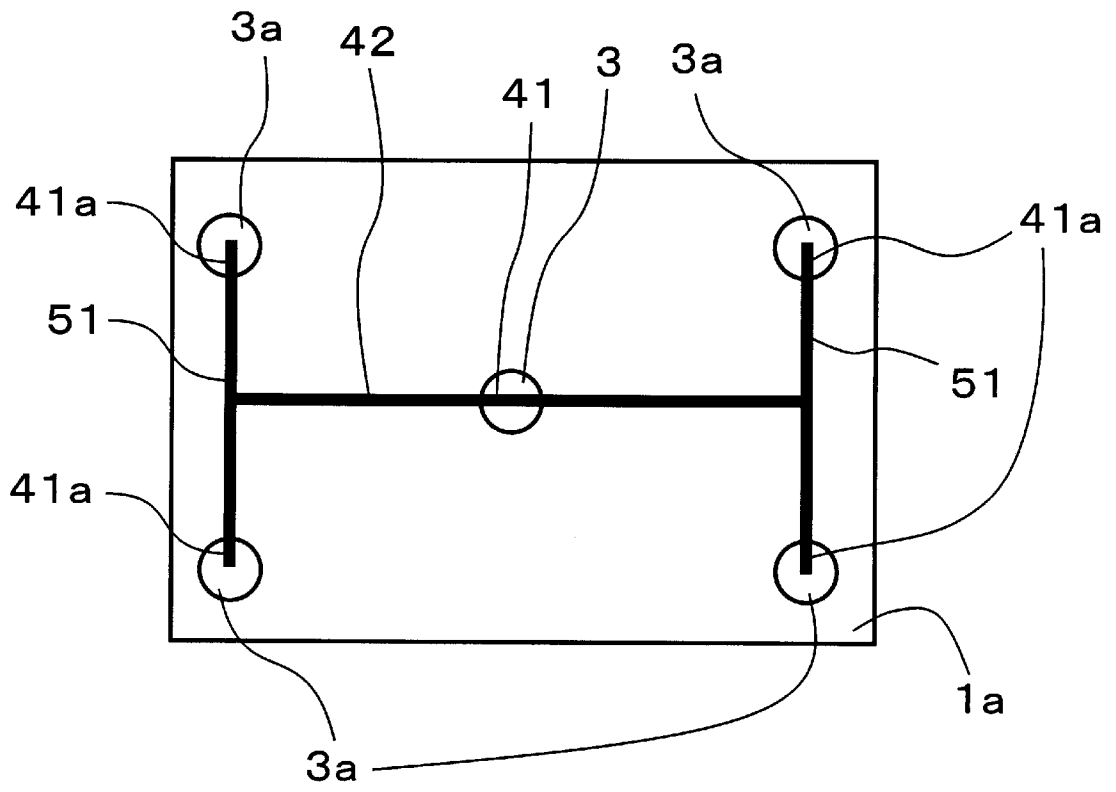
[図10]



[図11A]



[図11B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/038377

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>F16C 32/06</i> (2006.01)i; <i>G03F 7/20</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/027</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/683</i> (2006.01)i FI: F16C32/06 A; H01L21/68 N; G03F7/20 521; H01L21/30 541L		
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) F16C32/06; G03F7/20; H01L21/027; H01L21/683		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-232352 A (NIKON CORP) 22 August 2003 (2003-08-22) paragraphs [0022]-[0044], fig. 1-4	1-6, 9, 11, 13, 15-16 7-8, 10, 12, 14
Y A	CN 110848258 A (JIANGSU JICUI JINGKAI HIGH-END EQUIPMENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 28 February 2020 (2020-02-28) paragraphs [0024]-[0030], fig. 2-4	1-6, 9, 11, 13, 15-16 7-8, 10, 12, 14
Y A	JP 3-244827 A (NIPPON SEIKO KK) 31 October 1991 (1991-10-31) p. 2, upper left column, line 17 to upper right column, line 14	1-6, 9, 11, 13, 15-16 7-8, 10, 12, 14
Y	JP 2011-149500 A (SINTOKOGIO LTD) 04 August 2011 (2011-08-04) paragraphs [0005]-[0007]	15-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 05 January 2024		Date of mailing of the international search report 16 January 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2023/038377

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2003-232352 A	22 August 2003	(Family: none)	
CN 110848258 A	28 February 2020	(Family: none)	
JP 3-244827 A	31 October 1991	(Family: none)	
JP 2011-149500 A	04 August 2011	US 2012/0301060 A1 paragraphs [0005]-[0009] WO 2011/089752 A1 EP 2527675 A1 CN 102135137 A KR 10-2012-0116386 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F16C 32/06(2006.01)i; G03F 7/20(2006.01)i; H01L 21/027(2006.01)i; H01L 21/683(2006.01)i FI: F16C32/06 A; H01L21/68 N; G03F7/20 521; H01L21/30 541L		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F16C32/06; G03F7/20; H01L21/027; H01L21/683 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2003-232352 A (株式会社ニコン) 22.08.2003 (2003-08-22) 段落0022-0044、図1-4	1-6, 9, 11, 13, 15-16 7-8, 10, 12, 14
Y A	CN 110848258 A (JIANGSU JICUI JINGKAI HIGH-END EQUIPMENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 28.02.2020 (2020-02-28) 段落0024-0030、図2-4	1-6, 9, 11, 13, 15-16 7-8, 10, 12, 14
Y A	JP 3-244827 A (日本精工株式会社) 31.10.1991 (1991-10-31) 第2頁左上欄第17行-同頁右上欄第14行	1-6, 9, 11, 13, 15-16 7-8, 10, 12, 14
Y	JP 2011-149500 A (新東工業株式会社) 04.08.2011 (2011-08-04) 段落0005-0007	15-16
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 05.01.2024	国際調査報告の発送日 16.01.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 倉田 和博 3J 9627 電話番号 03-3581-1101 内線 3328	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2023/038377

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2003-232352 A	22.08.2003	(ファミリーなし)	
CN 110848258 A	28.02.2020	(ファミリーなし)	
JP 3-244827 A	31.10.1991	(ファミリーなし)	
JP 2011-149500 A	04.08.2011	US 2012/0301060 A1 段落 0005-0009 WO 2011/089752 A1 EP 2527675 A1 CN 102135137 A KR 10-2012-0116386 A	