

(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7月4日(04.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/143203 A1

- (51) 国際特許分類:
G21G 1/10 (2006.01) G21K 5/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/046174
- (22) 国際出願日: 2023年12月22日(22.12.2023)
- (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 2022-208070 2022年12月26日(26.12.2022) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社
(SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/
JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目
1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 齊藤 勝彦 (SAITO Katsuhiko);
〒7928588 愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友
重機械工業株式会社愛媛製造所内 Ehime (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二

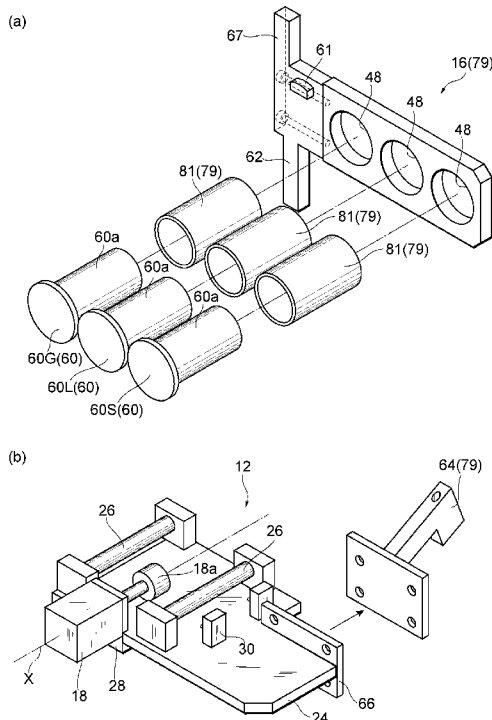
丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A
(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(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,
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,

(54) Title: RI PRODUCING DEVICE

(54) 発明の名称: R I 製造装置



(57) Abstract: This RI producing device comprises a cyclotron, and a target which is attached to a cyclotron main body portion and which is irradiated with a particle beam of accelerated particles emitted from the cyclotron, wherein an electrically insulating member is interposed between the cyclotron main body portion and the target, thereby electrically insulating the cyclotron main body portion and the target from one another.

(57) 要約: R I 製造装置は、サイクロトロンと、サイクロトロン本体部に取付けられサイクロトロンから出射された加速粒子の粒子線が照射されるターゲットと、を備え、電気絶縁部材がサイクロトロン本体部とターゲットとの間に介在されることにより、サイクロトロン本体部とターゲットとが電氣的に絶縁されている。

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)）

明 細 書

発明の名称： R I 製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、 R I 製造装置に関するものである。

背景技術

[0002] 脳や心臓、癌などの精密検査における検査方法として、ポジトロン断層撮影法（ P E T ; P o s i t r o n E m i s s i o n T o m o g r a p h y ）の採用が進んでいる。この P E T 検査では、ポジトロン（陽電子）を放出する放射性同位元素で標識された検査用薬剤を、注射や吸入等により被験者の体内に導入する。体内に導入された検査用薬剤は、代謝されたり、特定の部位（例えば、腫瘍や病変箇所）に蓄積されたりする。この際に検査用薬剤に標識化された放射性同位元素から陽電子が放出され、これと周囲の電子とが結合して消滅する際に放射線が放出される。この放射線を検出してコンピュータで処理することにより、所定領域における撮影画像が得られる。

[0003] P E T 検査の検査用薬剤に使用される放射性同位元素は、 ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{11}C 、 ^{13}N 等が用いられる。これらは、半減期が2～110分と極めて短いため、病院内の検査室に近い場所にサイクロトロン等の粒子加速器を設置し、この粒子加速器からの加速粒子をターゲットに導き、ターゲット物質との核反応により放射性同位元素を製造する。そして、製造された放射性同位元素を所定の化合物に組み込んだり、その一部を置き換えたりして合成することで、検査用薬剤を製造している。

[0004] このような放射性同位元素の製造において、ターゲットは、例えば特許文献1に開示されているように、粒子加速器の加速粒子が導出される導出部に固定される。これにより、粒子加速器の導出部からターゲット内に加速粒子が進入し、ターゲット物質と核反応を起して放射性同位元素が生成される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許4 3 7 7 1 7 0号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] この種の放射性同位元素（R I）の製造においては、当該放射性同位元素の製造量の信頼性の向上が望まれる。本発明は、放射性同位元素の製造量の信頼性を向上させるR I製造装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の要旨は次の通りである。

[0008] 〔1〕加速器と、前記加速器から出射された加速粒子の粒子線が照射されるターゲットと、を備え、前記加速器と前記ターゲットとが電氣的に絶縁されている、R I製造装置。

[0009] 〔2〕前記加速器における前記加速粒子の導出部に前記ターゲットを着脱するためのターゲット着脱装置を更に備え、ターゲット着脱装置は、前記ターゲットを保持可能な複数個の保持部を有するターゲット保持部材と、前記導出部に配置する前記保持部を選択可能に前記ターゲット保持部材の位置を変位させる駆動装置と、を備える、〔1〕に記載のR I製造装置。

[0010] 〔3〕前記ターゲット保持部材の前記保持部は第1の直線方向に並設され、前記駆動装置は、前記ターゲット保持部材を前記第1の直線方向に変位させる第1駆動部と、該ターゲット保持部材を該第1の直線方向と交差する第2の方向に変位させる第2駆動部と、を有する、〔2〕に記載のR I製造装置。

[0011] 〔4〕前記ターゲットは、前記ターゲット保持部材の前記第2の方向への変位によって、前記ターゲット保持部材に保持されたままの状態の前記導出部に対して進退し当該導出部に着脱される、〔2〕～〔3〕の何れか1項に記載のR I製造装置。

[0012] 〔5〕前記ターゲットは、電気絶縁部材を介在させて前記ターゲット保持部材の保持部に保持される、〔2〕～〔4〕の何れか1項に記載のR I製造装置。

- [0013]〔６〕前記ターゲット保持部材が電気絶縁部材である、〔２〕～〔５〕の何れか１項に記載のＲＩ製造装置。
- [0014]〔７〕前記ターゲット着脱装置は、所定の固定具を介して前記加速器に取付けられており、前記固定具が電気絶縁部材である、〔２〕～〔６〕の何れか１項に記載のＲＩ製造装置。
- [0015]〔８〕前記駆動装置は、前記ターゲット保持部材を回転させる第３駆動部を有し、前記複数の保持部は前記ターゲット保持部材の回転軸線の周りに設けられる、〔２〕～〔７〕の何れか１項に記載のＲＩ製造装置。
- [0016]〔９〕前記加速器に取付けられ、前記加速器における前記加速粒子の導出部に前記ターゲットを保持した状態で着脱するターゲット着脱装置を更に備え、前記ターゲットは、電気絶縁部材を介在させて前記ターゲット着脱装置に保持される、〔１〕～〔８〕の何れか１項に記載のＲＩ製造装置。
- [0017]〔１０〕所定の固定具を介して前記加速器に取付けられ、前記加速器における前記加速粒子の導出部に前記ターゲットを保持した状態で着脱するターゲット着脱装置を更に備え、前記固定具が電気絶縁部材である、〔１〕～〔９〕の何れか１項に記載のＲＩ製造装置。
- [0018]〔１１〕前記加速器と前記ターゲットとの間に電気絶縁部材が介在されることにより前記加速器と前記ターゲットとが電氣的に絶縁されており、前記電気絶縁部材が放射線遮蔽機能を有する〔１〕～〔１０〕の何れか１項に記載のＲＩ製造装置。
- [0019]〔１２〕前記ターゲットに接続され前記ターゲットに照射される前記粒子線の電流を検知する電流検知装置を更に備える、〔１〕～〔１１〕の何れか１項に記載のＲＩ製造装置。

発明の効果

- [0020] 本発明によれば、放射性同位元素の製造量の信頼性を向上させるＲＩ製造装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0021] [図１] ＲＩ製造装置が備える、第１実施形態に係るターゲット着脱装置の構成

を示す正面図である。

[図2]ベースプレートの構成を示す斜視図である。

[図3]ガイドプレートの構成を示す斜視図である。

[図4]ターゲット着脱装置の構成を示す底面図である。

[図5]スライドプレートの構成を示す斜視図である。

[図6]ガイドプレートにスライドプレートを嵌め合わせた状態を示す斜視図である。

[図7]ターゲット着脱装置の固定具による固定の様子を示す断面図である。

[図8]ガイドプレートがX方向に変位する様子を示す断面図である。

[図9]ガイドプレートがY方向に変位する様子を示す正面図である。

[図10]加速粒子の導出部にターゲットが装着されている様子を示す断面図である。

[図11]加速粒子の導出部からターゲットが離脱されている様子を示す断面図である。

[図12]R I 製造装置が備える、第2実施形態に係るターゲット着脱装置の構成を示す斜視図である。

[図13]ベースプレートの構成を示す斜視図である。

[図14]第1スライドプレートを上面から見た斜視図である。

[図15]第1スライドプレートを下面から見た斜視図である。

[図16]第2スライドプレートの構成を示す斜視図である。

[図17]加速粒子の導出部にターゲットを着脱する様子を示す断面図である。

[図18]第2スライドプレートと第3エアシリンダの駆動軸との係合を説明するための図である。

[図19]第1スライドプレートに対する第2スライドプレートの変位を説明するための図である。

[図20]第2及び第3エアシリンダによるターゲットのY方向の位置決めの様子を説明するための模式図である。

[図21]電流検知装置を含めR I 製造装置を示す断面図である。

[図22] (a) は、スライドプレートに対するターゲットの設置形態を示す斜視図であり、(b) は、取付ベースに対するベースプレートの取付状態を示す斜視図である。

[図23] (a) は、ターゲットが粒子線の照射方向に対して傾斜した状態を示す模式図であり、(b) は、ターゲットが粒子線の照射方向に対して直交する状態を示す模式図である。

[図24] (a), (b) は、ターゲットの姿勢を変更する姿勢変更機構の一例を示す図である。

[図25] (a), (b) は、ターゲットの姿勢を変更する姿勢変更機構の他の例を示す図である。

[図26] ターゲット着脱装置の他の例を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0023] 図10に示されるように、R1製造装置1は、サイクロトロン100（加速器）と、サイクロトロン100に取付けられるターゲット60と、を備えている。ターゲット60は、サイクロトロン100における加速粒子の導出部104に着脱可能に取付けられ、ターゲット60には導出部104から出射された加速粒子の粒子線（例えば陽子線）が照射される。これにより、加速粒子とターゲット60のターゲット物質とが核反応を起して放射性同位元素が生成される。

[0024] 更に、R1製造装置1はターゲット着脱装置10を備えている。R1製造装置1はターゲット着脱装置10に代えてターゲット着脱装置110（図12）を備えてもよい。ターゲット着脱装置10, 110は、取付ベース64（固定具）を介してサイクロトロン100の本体部100aに取り付けられる。より詳細には、サイクロトロン100の本体部100aのうち当該サイクロトロン100の電磁石の固定ヨークの開口部102に対して、取付ベー

ス64の基端部が固定される。そして、当該取付ベース64の先端部にターゲット着脱装置10、110が取付けられることで、ターゲット着脱装置10、110は、取付ベース64を介して本体部110aに片持ち支持される。ターゲット着脱装置10、110は、複数のターゲット60を保持するとともに保持しているターゲット60を選択的に導出部104に着脱する機能を有している。R1製造装置1が備えるターゲット着脱装置の例として、第1実施形態に係るターゲット着脱装置10（図1）と、第2実施形態に係るターゲット着脱装置110（図12）と、について以下説明する。

[0025] （第1実施形態）

図1は、第1実施形態に係るターゲット着脱装置の構成を示す正面図である。図1に示すように、ターゲット着脱装置10は、ベースプレート12、ガイドプレート14、スライドプレート16、第1エアシリンダ18、第2エアシリンダ20、及び第3エアシリンダ22を備えている。

[0026] ベースプレート12は、図2に示すように、外形が矩形をなし、一の角部が切り欠かれて、当該ターゲット着脱装置10をサイクロトロン100に取り付けるための取付部24とされている。ベースプレート12の上面には、その短手方向に、一对のガイドロッド26が平行に設けられている。そして、一对のガイドロッド26の間であって、ベースプレート12の前側面には、略L字型のブラケット28を介し、第1エアシリンダ（第2駆動部）18が取り付けられている。第1エアシリンダ18の駆動軸18aは、ガイドロッド26が延びる方向に進退可能である。この第1エアシリンダ18の駆動軸18aの進退方向を、便宜的にX方向（第2の方向）とする。またベースプレート12の上面には、X方向に所定間隔をおいて、一对のマイクロスイッチ30が設けられている。このマイクロスイッチ30は、後述するガイドプレート14のX方向の位置を検出するためのものである。

[0027] ガイドプレート14は、図3に示すように、長円状の開口部を有する環状の部材であり、開口部の長軸方向に延びる上下枠体32、34と、短軸方向に延びる左右枠体とを有する。このガイドプレート14の開口部の長軸方向

を、便宜的にY方向とする（第1の方向）。上下枠体32, 34それぞれの中央部分は、前方に突き出して突出部36, 38が設けられている。上枠体32の突出部36の下面には、Y方向に延びるガイド溝40が設けられている。また下枠体34の突出部38の上面には、上枠体32のガイド溝40に対応するように、Y方向に延びるガイド溝42が設けられている。後述するスライドプレート16は、これら一対のガイド溝40, 42内に嵌め込まれて、Y方向にスライドされる。

[0028] 下枠体34の突出部38には、前面と後面とを貫通する一対の貫通孔44が設けられている。これら一対の貫通孔44の間隔は、ベースプレート12上の一対のガイドロッド26の間隔と等しい。また下枠体34の突出部38の前面であって一対の貫通孔44の間には、第1エアシリンダ18の駆動軸18aの先端部を連結するための凹部46が設けられている。

[0029] このガイドプレート14の上面に、第2エアシリンダ（第1駆動部、直線駆動機構）20が設けられている。第2エアシリンダ20の駆動軸20aは、Y方向に進退可能である。第2エアシリンダ20のストロークは、後述するスライドプレート16の保持部48のピッチと同一であり、例えば70mmである。

[0030] ガイドプレート14の下面には、図3及び図4に示すように、略L字型のブラケット50が設けられており、このブラケット50に、取付板52を介して第3エアシリンダ（第1駆動部、直線駆動機構）22が設けられている。第3エアシリンダ22の駆動軸22aは、Y方向に進退可能である。なお、第2エアシリンダ20の駆動軸20aと第3エアシリンダ22の駆動軸22aとは、同一方向に進退する。第3エアシリンダ22のストロークは、後述するスライドプレート16の保持部48のピッチの二倍の長さと同じであり、例えば140mmである。

[0031] ガイドプレート14の下枠体34の突出部38の右側面には、検出ピン54が突設されている。この検出ピン54が、ベースプレート12上のマイクロスイッチ30に当接することで、ガイドプレート14のX方向の位置が検

出される。

- [0032] またガイドプレート 14 の上枠体 32 の前面には、Y 方向に延びるセンサ取付板 56 が取り付けられている。このセンサ取付板 56 の前面に、所定間隔を空けて 3 つのマイクロスイッチ 58 が設けられている。
- [0033] スライドプレート（ターゲット保持部材）16 は、図 5 に示すように、正面視において矩形をなす。スライドプレート 16 は、ターゲット 60 を保持するための三つの円孔（保持部）48 を有し、これら円孔 48 に略円筒状のターゲット 60 がそれぞれ嵌め込まれて保持される。三つの円孔 48 は、所定方向に並設されており、図 6 に示すように、スライドプレート 16 がガイドプレート 14 のガイド溝 40, 42 に嵌め込まれたとき、その並び方向が Y 方向に沿う。
- [0034] スライドプレート 16 の左側縁部には、上方に延びる上突き当て片 67 と、下方に延びる下突き当て片 62 と、が設けられている。図 6 に示すように、スライドプレート 16 がガイドプレート 14 のガイド溝 40, 42 に嵌め込まれたとき、下突き当て片 62 の側面に第 3 エアシリンダ 22 の先端が連結固定される。また、上突き当て片 67 の側面に、第 2 エアシリンダ 20 の先端が当接可能となる。なお、上突き当て片 67 と第 2 エアシリンダ 20 の先端部とは、連結固定されない。
- [0035] またスライドプレート 16 の左方前面には、アタッカー 61 が設けられている。図 6 に示すように、このアタッカー 61 がセンサ取付板 56 のマイクロスイッチ 58 に当接することで、スライドプレート 16 の Y 方向の位置が検出される。
- [0036] 図 6 に示すように、スライドプレート 16 は、ガイドプレート 14 の突出部 36, 38 に設けられたガイド溝 40, 42 内に嵌め込まれ、第 2 及び第 3 エアシリンダ 20, 22 により Y 方向にスライドされる。そして、スライドプレート 16 が嵌め込まれたガイドプレート 14 が、図 2 に示すベースプレート 12 に取り付けられる。より詳細には、ガイドプレート 14 の下枠体 34 の突出部 38 に形成された一对の貫通孔 44 に、ベースプレート 12 上

の一对のガイドロッド26が挿通され、凹部46に第1エアシリンダ18の駆動軸18aの先端部が連結固定される。これにより、ガイドプレート14は、第1エアシリンダ18の駆動軸18aを進退させることで、X方向に変位される。

[0037] 取付ベース64は、図7に示すように、サイクロトロン100の電磁石の固定ヨークの開口部102に取り付けられる取付ベース64と、調整プレート66とを有している。取付ベース64は、縦断面が略へ字型の部材であり、一の辺が固定ヨークの開口部102に固定される。調整プレート66は、外形が矩形の部材であり、表面にベースプレート12の取付部24が直交するように取り付けられる。そして、この調整プレート66が取付ベース64の他の辺にネジ止めされる。これにより、ターゲット着脱装置10が固定ヨークの開口部102に取り付けられる。

[0038] 次に、第1実施形態に係るターゲット着脱装置10の作用及び効果について説明する。

[0039] 図8に示すように、ターゲット60を保持するスライドプレート16が嵌め込まれたガイドプレート14は、第1エアシリンダ18の駆動軸18aが進退することで、X方向に変位及び位置決めされる。このとき、ガイドプレート14のX方向の位置は、検出ピン54がベースプレート12上に設けられたマイクロスイッチ30に当接することで検出される。

[0040] また、図9に示すように、ターゲット60を保持するスライドプレート16は、第2及び第3エアシリンダ20、22の駆動軸20a、22aが進退することで、Y方向に変位及び位置決めされる。

[0041] 左側のターゲット60を加速粒子の導出部104に装着するときには、図9(a)に示すように、第2及び第3エアシリンダ20、22の双方について駆動軸20a、22aを縮退させる。真ん中のターゲット60を加速粒子の導出部104に装着するときには、図9(b)に示すように、第2エアシリンダ20の駆動軸20aを最大ストロークで延伸させると共に、第3エアシリンダ22の駆動軸22aも延伸させる。なお、このときのスライドプレ

ート16のY方向の位置決めは、第2エアシリンダ20の最大ストロークを専ら利用して行われる。右側のターゲット60を加速粒子の導出部104に装着するときには、図9(c)に示すように、第2及び第3エアシリンダ20、22の双方について駆動軸20a、22aを延伸させる。なお、このときのスライドプレート16のY方向の位置決めは、第3エアシリンダ22の最大ストロークを専ら利用して行われる。

[0042] 図9(c)に示すように、右側のターゲット60が加速粒子の導出部104に装着されている状態から、真ん中のターゲット60を加速粒子の導出部104に装着する場合は、第3エアシリンダ22の駆動軸22aを縮退させる。これにより、図9(b)に示すように、スライドプレート16の上突き当て片67が第2エアシリンダ20の駆動軸20aの先端部に当接されて、スライドプレート16の位置決めがなされる。そして、左側のターゲット60を加速粒子の導出部104に装着する場合は、図9(a)に示すように、第2及び第3エアシリンダ20、22の双方について駆動軸20a、22aを縮退させる。なお、スライドプレート16のY方向の位置は、図9に示すように、アタッカー61がガイドプレート14のセンサ取付板56に設けられたマイクロスイッチ58に当接することで検出される。

[0043] 図10は、ターゲット60がサイクロトロン100の加速粒子の導出部104に装着されている様子を示す断面図である。この状態では、スライドプレート16が嵌め込まれたガイドプレート14が第1エアシリンダ18の駆動軸18aに押されることで、ターゲット60が導出部104に装着されている。この状態で、導出部104から陽子或いは重陽子などの加速粒子がターゲット60内に導入されることで、ターゲット物質と核反応を起し、放射性同位元素が生成される。

[0044] ターゲット60を交換するときには、図11に示すように、第1エアシリンダ18の駆動軸18aを縮退させ、導出部104に対するターゲット60の装着を解除する。そして、図9に示すように、所望のターゲット60を導出部104の前に配置した後、第1エアシリンダ18の駆動軸18aを延伸

させることで、新たなターゲット60が導出部104に装着される。

[0045] このように、本実施形態に係るターゲット着脱装置10では、第1～第3エアシリンダ18, 20, 22の駆動力によりターゲット60の交換を自動化することで、ターゲット交換の効率化が図られる。このとき、ターゲット60を保持する円孔48をY方向に並設し、第2及び第3エアシリンダ20, 22によりスライドプレート16をY方向に変位させると共に、第1エアシリンダ18によりY方向と直交するX方向にガイドプレート14を変位させるように構成しているため、コンパクトな構成で複数のターゲット60の交換が可能となる。なお、複数のターゲットを、円板の円周方向に設けた複数の円孔に保持させ、これを回転させることによりターゲットの交換を行う手法も考えられるが、このような回転を利用したターゲットの交換では、ターゲットの数が増えるほど円板の半径が大きくなり、装置の著しい大型化を招くおそれがある。これに対し、本実施形態に係るターゲット着脱装置10のように、スライドプレート16の直線方向のスライドを利用したターゲット60の交換によれば、回転方式のターゲット交換のように装置が大型化することなく、コンパクトなものとすることができる。

[0046] また、本実施形態に係るターゲット着脱装置10は、スライドプレート16をY方向に変位させるために、ストロークの異なる第2及び第3エアシリンダ20, 22を備えているため、第2及び第3エアシリンダ20, 22のストローク差を利用して、3個の円孔48に保持された3個のターゲット60を、Y方向に正確に位置決めし、変位させることができる。

[0047] (第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について説明する。なお、上記した第1実施形態に係るターゲット着脱装置と同一の要素には同一の符号を附し、重複する説明を省略する。

[0048] 図12は、第2実施形態に係るターゲット着脱装置110の構成を示す斜視図である。図12に示すように、ターゲット着脱装置110は、ベースプレート112、第1スライドプレート114、第2スライドプレート116

、第1エアシリンダ118、第2エアシリンダ120、及び第3エアシリンダ122を備えている。

[0049] ベースプレート112は、図13に示すように、第1及び第2スライドプレート114、116を搭載するためのベースとなる部材である。ベースプレート112の上面には、所定方向に延びる一本のガイドレール124が設けられている。このガイドレール124の延伸方向を、便宜的にX方向（第2の方向）とする。ベースプレート112のX方向に沿って伸びる左側面には、後述する第1スライドプレート114のX方向の位置を検出するための検出ピン126が設けられている。ベースプレート112のX方向に直交する前側面には、後述する第1エアシリンダ118の駆動軸118aの先端部を連結固定するための凹部128が設けられている。このベースプレート112は、当該ターゲット着脱装置110をサイクロトロン100に取付固定するための固定板130に直交するように連結されている。

[0050] 第1スライドプレート114は、図14及び図15に示すように、平面視において矩形の外形を有する板状の部材である。第1スライドプレート114の上面には段差が設けられており、短手方向に上床部132と低床部134とに分けられている。低床部134の上面には、長手方向に沿って延びるガイドレール136が設けられている。このガイドレール136の延伸方向を、便宜的にY方向（第1の方向）とする。

[0051] 第1スライドプレート114のY方向に沿って伸びる前側面には、ブラケット138を介して第1エアシリンダ（第2駆動部）118が取り付けられている。第1エアシリンダ118は、第1スライドプレート114に取り付けられたとき、駆動軸118aが当該第1スライドプレート114の下面より下方に位置し、Y方向と直交する方向に進退可能である。上床部132の上面には、第2エアシリンダ（第1駆動部、直線駆動機構）120が搭載されている。第2エアシリンダ120の駆動軸120aは、Y方向に進退可能である。

[0052] また上床部132の上面には、第3エアシリンダ（第1駆動部、係合部材

）１２２が搭載されている。第３エアシリンダ１２２の駆動軸１２２ａは、Ｙ方向と直交する方向に進退可能である。第３エアシリンダ１２２の駆動軸１２２ａの尾端には、当該駆動軸１２２ａのＹ方向と直交する方向の位置を検出するための検出部１２２ｂが設けられている。第３エアシリンダ１２２の上面には、Ｙ方向と直交する方向に延びる取付板１４０が取り付けられている。この取付板１４０の下面には、一对のマイクロスイッチ１４２が所定間隔をおいて取り付けられている。従って、第３エアシリンダ１２２の駆動軸１２２ａの尾端に設けられた検出部１２２ｂが、これら一对のマイクロスイッチ１４２のいずれかに当接することで、駆動軸１２２ａのＹ方向と直交する方向の位置が検出される。

[0053] また取付板１４０の前端は、上方に屈曲されている。そして、この屈曲された部分に、アタッカー１４４が取り付けられている。このアタッカー１４４が、後述する第２スライドプレート１１６に設けられるマイクロスイッチ１４６に当接することで、第２スライドプレート１１６のＹ方向の位置が検出される。

[0054] 第２エアシリンダ１２０の駆動軸１２０ａの先端部は、第３エアシリンダ１２２に連結固定されている。上床部１３２の上面には、所定幅の凹部１４８が設けられており、この凹部１４８に当該所定幅の半分の幅の搭載板１５０が嵌め込まれている。搭載板１５０は、凹部１４８内をＹ方向にスライド可能であり、この搭載板１５０上に第３エアシリンダ１２２が搭載されている。従って、第３エアシリンダ１２２は、第２エアシリンダ１２０の駆動軸１２０ａを進退させることで、Ｙ方向に所定ストロークで変位する。なお、この所定ストロークは、後述する第２スライドプレート１１６のターゲット６０を取り付けるための円孔１５２のピッチと同一に設定される。

[0055] 第１スライドプレート１１４の下面には、図１５に示すように、断面コ字状のライナ１５４が取り付けられている。ライナ１５４の延伸方向は、Ｙ方向と直交している。このライナ１５４が、ベースプレート１１２上のガイドレール１２４に嵌め合わされる。そして、第１エアシリンダ１１８の駆動軸

118aの先端部が、ベースプレート112の凹部128に連結固定される。これにより、第1スライドプレート114は、第1エアシリンダ118の駆動軸118aを進退させることで、X方向にスライド可能となる。なお、第1スライドプレート114の下面には、図15に示すように、Y方向と直交する方向に所定間隔を置いて一对のマイクロスイッチ156が取り付けられている。従って、第1スライドプレート114がX方向にスライドするとき、ベースプレート112の検出ピン126が一对のマイクロスイッチ156のいずれかに当接することで、第1スライドプレート114のX方向の位置が検出される。

[0056] 第2スライドプレート（ターゲット保持部材）116は、図16に示すように、直方体状の基部116aと、基部116aに立設された保持板部116bとを有する。基部116aの下面には、長手方向に延びる断面コ字状のライナ158が取り付けられている。保持板部116bは、正面視において矩形をなす。保持板部116bは、ターゲット60を保持するための四つの円孔（保持部）152を有し、これら円孔152に略円筒状のターゲット60がそれぞれ嵌め込まれて保持される。四つの円孔152は、ライナ158の延伸方向に沿って並設されており、図12に示すように、第2スライドプレート116が第1スライドプレート114上のガイドレール136にライナ158を介して嵌め込まれたとき、その並び方向がY方向に沿う。

[0057] 第2スライドプレート116の基部116aの前面には、円孔152のピッチと同一ピッチで四つのマイクロスイッチ146が取り付けられている。このマイクロスイッチ146にアタッカー144が当接することで、第2スライドプレート116のY方向の位置が検出される。また、マイクロスイッチ146の下方には、それぞれ係合穴160が設けられている。係合穴160は、第3エアシリンダ122の駆動軸122aの径と略同一の大きさであり、この係合穴160に駆動軸122aが係合可能に構成されている。

[0058] 次に、第2実施形態に係るターゲット着脱装置110の作用及び効果について説明する。

[0059] 図17は、加速粒子の導出部104にターゲット60を着脱する様子を示す断面図である。第1エアシリンダ118の駆動軸118aは、X方向に進退可能である。第1エアシリンダ118の駆動軸118aが縮退しているときは、図17(a)に示すように、第1スライドプレート114はX方向に前進して、ターゲット60がサイクロトロン100の加速粒子の導出部104に装着される。このとき、ベースプレート112の左側面に設けられた検出ピン126が、第1スライドプレート114の下面に取り付けられた後方のマイクロスイッチ156に当接し、第1スライドプレート114が前進した位置にあることが検出される。すなわち、ターゲット60が導出部104に装着された状態にあることが検出される。この状態で、導出部104から陽子或いは重陽子などの加速粒子がターゲット60内に導入されることで、ターゲット物質と核反応を起し、放射性同位元素が生成される。

[0060] 第1エアシリンダ118の駆動軸118aが延伸しているときは、図17(b)に示すように、第1スライドプレート114はX方向に後退して、ターゲット60と導出部104との装着が解除される。このとき、ベースプレート112の左側面に設けられた検出ピン126が、第1スライドプレート114の下面に取り付けられた前方のマイクロスイッチ156に当接し、第1スライドプレート114が後退した位置にあることが検出される。すなわち、ターゲット60と導出部104との装着が解除された状態にあることが検出される。

[0061] 図18は、第2スライドプレート116と第3エアシリンダ122の駆動軸122aとの係合を説明するための図である。第3エアシリンダ122の駆動軸122aは、X方向に進退可能である。駆動軸122aが後退した位置にあるとき、図18(a)に示すように、第2スライドプレート116の係合穴160と駆動軸122aの先端部との係合は解除されている。このとき、駆動軸122aの尾端に設けられた検出部122bが、取付板140に取り付けられた後方のマイクロスイッチ142に当接し、係合穴160と駆動軸122aの先端部との係合が解除されていることが検出される。

- [0062] 駆動軸 1 2 2 a が前進した位置にあるとき、図 1 8 (b) に示すように、第 2 スライドプレート 1 1 6 の係合穴 1 6 0 と駆動軸 1 2 2 a の先端部とが係合される。このとき、駆動軸 1 2 2 a の尾端に設けられた検出部 1 2 2 b が、取付板 1 4 0 に取り付けられた前方のマイクロスイッチ 1 4 2 に当接し、係合穴 1 6 0 と駆動軸 1 2 2 a の先端部とが係合されていることが検出される。
- [0063] 図 1 9 は、第 1 スライドプレート 1 1 4 に対する第 2 スライドプレート 1 1 6 の変位を説明するための図である。第 2 エアシリンダ 1 2 0 の駆動軸 1 2 0 a は、Y 方向に進退可能である。駆動軸 1 2 0 a が延伸しているとき、図 1 9 (a) に示すように、第 3 エアシリンダ 1 2 2 は駆動軸 1 2 0 a に押されて、凹部 1 4 8 内で右側に位置する。駆動軸 1 2 0 a が縮退しているとき、図 1 9 (b) に示すように、第 3 エアシリンダ 1 2 2 は駆動軸 1 2 0 a に引かれて、凹部 1 4 8 内で左側に位置する。従って、第 3 エアシリンダ 1 2 2 の駆動軸 1 2 2 a が第 2 スライドプレート 1 1 6 の係合穴 1 6 0 に係合された状態では、第 2 エアシリンダ 1 2 0 により第 3 エアシリンダ 1 2 2 が Y 方向に変位することで、第 2 スライドプレート 1 1 6 自体がガイドレール 1 3 6 にガイドされて Y 方向に変位される。
- [0064] 図 2 0 は、第 2 及び第 3 エアシリンダ 1 2 0, 1 2 2 によるターゲット 6 0 の Y 方向の位置決めの様子を説明するための模式図である。ここでは、左から 2 番目のターゲット 6 0 を 3 番目のターゲット 6 0 に交換するときを考える。このとき、2 番目のターゲット 6 0 は、図 2 0 (a) に示すように、導出部 1 0 4 の手前に位置する。
- [0065] まず、図 2 0 (b) に示すように、第 3 エアシリンダ 1 2 2 の駆動軸 1 2 2 a を後退させて、第 2 スライドプレート 1 1 6 の係合穴 1 6 0 と駆動軸 1 2 2 a との係合を解除する。次に、図 2 0 (c) に示すように、第 2 エアシリンダ 1 2 0 の駆動軸 1 2 0 a を延伸させて、第 3 エアシリンダ 1 2 2 を Y 方向に第 2 エアシリンダ 1 2 0 から遠ざかるように変位させる。次に、図 2 0 (d) に示すように、第 3 エアシリンダ 1 2 2 の駆動軸 1 2 2 a を前進さ

せて、第2スライドプレート116の係合穴160と駆動軸122aとを係合させる。そして、図20(e)に示すように、第2エアシリンダ120の駆動軸120aを縮退させて、第3エアシリンダ122をY方向に第2エアシリンダ120に対して近づけるように変位させる。他のターゲット60についても、上記動作を繰り返すことで、Y方向の位置決め及び変位を行うことができる。

[0066] このように、導出部104へターゲット60を着脱するためのX方向の位置決めは、第1エアシリンダ118により行い、導出部104に対するターゲットのY方向の位置決めは、導出部104へのターゲット60の装着を解除した状態で、第2及び第3エアシリンダ120、122により行う。これにより、複数のターゲット60の交換を自動的に効率よく行うことができる。

[0067] このように、本実施形態に係るターゲット着脱装置110では、第1～第3エアシリンダ118、120、122の駆動力によりターゲット60の交換を自動化することで、ターゲット交換の効率化が図られる。このとき、ターゲット60を保持する円孔152をY方向に並設し、第2及び第3エアシリンダ120、122により第2スライドプレート116をY方向に変位させると共に、第1エアシリンダ118によりX方向に第1スライドプレート114を変位させるように構成しているため、コンパクトな構成で複数のターゲット60の交換が可能となる。

[0068] また、直線駆動機構としての第2エアシリンダ120と、係合部材としての第3エアシリンダ122との組み合わせにより、第2スライドプレート116を円孔152のピッチ（ターゲット60のピッチ）毎にY方向に正確に位置決めして変位させることができるため、ターゲット60の数が大幅に増えた場合でも、装置の複雑化を招くことなく、ターゲット60の交換を効率よく行うことが可能となる。

[0069] なお、本発明は上記した実施形態に限定されることなく種々の変形が可能である。例えば、上記第1実施形態では、直線駆動機構として第2及び第3

エアシリンダ 20, 22 について説明し、また第 2 実施形態では、直線駆動機構として第 2 エアシリンダ 120 について説明したが、直線駆動機構はエアシリンダに限定されない。直線駆動機構としては、所定方向に部材を直線的に変位させるように駆動可能な機構ならば、ボールスクリュ機構、ラック・ピニオン機構なども利用可能である。

[0070] また上記第 1 実施形態では、第 2 駆動部として第 1 エアシリンダ 18 について説明し、また第 2 実施形態では、第 2 駆動部として第 1 エアシリンダ 118 について説明したが、第 2 駆動部はエアシリンダに限定されない。

[0071] また第 2 実施形態では、係合部材は第 3 エアシリンダ 122 を含み、駆動軸 122a を第 2 スライドプレート 116 に設けられた係合穴 160 に嵌めこんで係合する構成としたが、この構成に限定されない。係合部材は、第 2 スライドプレート 116 に着脱可能に係合され、且つ直線駆動機構により、Y 方向に変位可能な部材であればよい。

[0072] また、上記した第 1 実施形態では、ターゲット 60 が 3 個の場合について説明し、第 2 実施形態では、ターゲット 60 が 4 個の場合について説明したが、ターゲット 60 の数を 2 個、或いは 5 個以上にすることも可能である。ただし、第 1 実施形態に係るターゲット着脱装置 10 では、ターゲット 60 の数を N 個とすると、N 個のエアシリンダが必要となる。これに対し、第 2 実施形態に係るターゲット着脱装置 110 では、ターゲット 60 の数に係わらず、3 つのエアシリンダによりターゲット 60 の交換が可能であり、装置構成が簡略になる。

[0073] [ターゲットの絶縁構造]

R I 製造装置 1 には、以下に説明するように、ターゲット 60 をサイクロトロン 100 の本体部 100a から電氣的に絶縁するための絶縁構造が設けられてもよい。以下の説明では、R I 製造装置 1 にターゲット着脱装置 10 が採用される場合の絶縁構造の例を説明するが、ターゲット着脱装置 110 が採用された場合であっても同様であるので、重複する説明を省略する。

[0074] R I 製造装置 1 における放射性同位元素 (R I) の製造量はターゲット 6

0に照射される粒子線の電流に依存する。従って、R1製造装置1では、サイクロトロン100の導出部104から出射される粒子線の電流がフィードバック制御されることにより、ターゲット60に照射される粒子線の電流が安定して調整され、高い信頼性でR1の所望の製造量が得られる。このようなフィードバック制御のために、ターゲット60に照射される粒子線の電流が計測される。すなわち、図21に示されるように、R1製造装置1は、ターゲット60に照射される粒子線の電流を検知する電流検知装置71を備えている。

[0075] 電流検知装置71は、検知装置本体部73と検出線75とを有しており、検知装置本体部73とターゲット60とが検出線75で接続されている。検出線75の一端側の端子が、例えばターゲット60のうち導出部104から遠い側の端面に接続されている。この検出線75を通じてターゲット60が照射を受ける粒子線の電流値を示す電流信号が検知装置本体部73に送信されることで、電流検知装置71がターゲット60に照射される粒子線の電流値を取得する。ここで取得された電流値情報は、サイクロトロン100の制御部77に送信され、制御部77によるフィードバック制御により、サイクロトロン100におけるイオン生成、電流強度、電荷量等が制御され、サイクロトロン100の導出部104から出射される粒子線の電流が調整される。

[0076] ターゲット60に照射される粒子線の電流は例えば数十 μ A程度の比較的小さいものであるので、ターゲット60とサイクロトロン100の本体部100aとの間が電氣的に絶縁されていないと、ターゲット60に照射される粒子線の電流が電流検知装置71で正確に計測されず、ひいては、R1の製造量の信頼性が確保できない。そこで、R1製造装置1においては、ターゲット60とサイクロトロン本体部100aとが次に説明する絶縁構造によって電氣的に絶縁されている。

[0077] 具体的な絶縁構造として、ターゲット60とサイクロトロン本体部100aとの間に介在する、ターゲット着脱装置10及び取付ベース64のうちの

少なくとも一部分が電気絶縁材料からなる電気絶縁部材 79 である。具体的な例として、図 22 (a) 及び図 22 (b) に示されるように、ターゲット 60 の円柱側面 60 a には円筒状のスリーブ 81 が装着され、ターゲット 60 はこの円筒スリーブ 81 を介在させてスライドプレート 16 の保持部 48 に保持されている。この円筒スリーブ 81 が電気絶縁部材 79 である。また、取付ベース 64 は、全体が電気絶縁材料からなる電気絶縁部材 79 である。また、スライドプレート 16 も、全体が電気絶縁材料からなる電気絶縁部材 79 である。

[0078] 上記のような、電気絶縁部材 79 である円筒スリーブ 81 を有する構成、取付ベース 64 を電気絶縁部材 79 とする構成、及びスライドプレート 16 を電気絶縁部材 79 とする構成が、すべて採用されることは必須ではなく、少なくとも何れか 1 つの構成が採用されればよい。また、上記構成のうち 2 つが組み合わされて採用されてもよく、諸条件に応じて適宜選択されればよい。例えば、液体ターゲットが使用される場合には、ターゲット 60 を細くし易いので、当該ターゲット 60 と保持部 48 との間に円筒スリーブ 81 を配置し易く、円筒スリーブ 81 が好適に採用され得る。例えばガスターゲットが使用される場合には、ターゲット 60 が太くなる傾向にあり、当該ターゲット 60 と保持部 48 との間に円筒スリーブ 81 を配置し難いので、取付ベース 64 を電気絶縁部材 79 とする構成やスライドプレート 16 を電気絶縁部材 79 とする構成が好適に採用され得る。また、上記のように円筒スリーブ 81、取付ベース 64、電気絶縁部材 79 等を電気絶縁部材とするのは一例であって、ターゲット着脱装置 10 のうちの他の部分が電気絶縁部材 79 とされてもよい。例えば、調整プレート 66 が電気絶縁部材 79 とされてもよい。

[0079] 上記の電気絶縁部材 79 の材料としては、放射線による電気絶縁部材 79 の劣化を抑制するために、電気絶縁性だけでなく耐放射線性を有する材料が採用されることが好ましい。電気絶縁部材 79 の材料としては、例えば、セラミック、PEEK、ポリテトラフルオロエチレン等が採用され得る。

[0080] 更に上記の電気絶縁部材 79 が放射線遮蔽機能を兼ね備える部材であってもよい。この場合、R1 の製造時等にターゲット 60 から発生する中性子線やガンマ線等が外部に漏出することが抑制される。例えば、電気絶縁部材 79 は、電気絶縁性の材料と放射線遮蔽機能をもつ材料との複合材料からなるものであってもよい。例えば、電気絶縁部材 79 は、放射線遮蔽機能をもつ材料（例えば、鉛、タングステン等の重金属、アルミニウム、ポリエチレン）の部材、を電気絶縁材料（例えば、セラミック、PEEK、ポリテトラフルオロエチレン）でコーティングしたものであってもよい。また、電気絶縁部材 79 は、単独で電気絶縁機能と放射線遮蔽機能とを兼ね備える材料からなるものであってもよい。単独で電気絶縁機能と放射線遮蔽機能とを兼ね備える材料としては、例えば、放射線遮蔽機能をもつ金属（例えば、鉛、タングステン等の重金属）をセラミック材料と一緒に焼結させたもの等がある。

[0081] このような絶縁構造によれば、ターゲット 60 とサイクロトロン本体部 100a との間で電氣的な絶縁が図られ、電流検知装置 71 による電流の計測が正確に行なわれる。その結果、サイクロトロン 100 の導出部 104 から出射される粒子線の電流が正確にフィードバック制御され、高い信頼性で R1 の所望の製造量が得られる。更に、電気絶縁部材 79 が放射線遮蔽機能を兼ね備える場合には、ターゲット 60 から周囲へ放射される放射線が電気絶縁部材 79 によって遮られ低減されるので、作業者の被ばくを低減することができる。

[0082] [ターゲットの姿勢変更機構]

また、R1 製造装置 1 には、以下に説明するように、粒子線の照射方向に対してターゲット 60 の姿勢を変更するための姿勢変更機構（入射角調整機構）が設けられてもよい。以下の説明では、R1 製造装置 1 にターゲット着脱装置 110 が採用される場合の姿勢変更機構の例を説明するが、ターゲット着脱装置 10 が採用された場合であっても同様であるので、重複する説明を省略する。

[0083] R1 製造装置 1 では、粒子線の照射によりターゲット 60 の温度が上昇す

る。ターゲット60のターゲット物質が気体である場合にターゲット60の温度が高すぎると、ターゲット物質が過剰に高圧になりターゲット60等が損傷する虞がある。ターゲット60のターゲット物質が液体である場合にターゲット60の温度が高すぎると、ターゲット物質が沸騰し気化して過剰に高圧になりターゲット60等が損傷する虞がある。また、ターゲット物質の沸騰によってターゲット液体中に空洞（気泡）が生じるので、粒子線との核反応の効率が低下する。ターゲット60のターゲット物質が固体である場合にターゲット60の温度が高すぎると、ターゲット物質が溶融し酸化することでR1製造の再現性が悪化したり、ターゲット物質が気化することでR1の回収が困難になったりする虞がある。

[0084] 従って、ターゲット60が高温になりすぎないように、粒子線照射中のターゲット60上における単位面積当たりの発熱量を抑える必要がある。また、単位面積当たりの発熱量がどの程度許容されるかは、各ターゲット60の物質の状態（気体ターゲットか、液体ターゲットか、固体ターゲットか）や、ターゲット物質の物性に依存するので、ターゲット着脱装置110によりターゲット60が交換されたときには、ターゲット60に応じた適切な単位面積当たりの発熱量に再調整する必要がある。例えば図22に示されるように、R1製造装置1の用途の一例として、ターゲット着脱装置110には、気体ターゲット60G、液体ターゲット60L、固体ターゲット60S、といった3種類のターゲット60がセットされ、順次交換しながら各ターゲット60G、60L、60SでR1が製造されるものとする。この場合、ターゲット60が交換される毎に、ターゲット60上の単位面積当たりの発熱量を変更し調整する必要がある。

[0085] ターゲット60上の単位面積当たりの発熱量を調整する手法としては、粒子線のコリメータ83を調整して、粒子線のビームサイズを調整することが考えられる。コリメータ83は、図21に示されるように、導出部104の直ぐ上流側に設けられている。しかしながら、コリメータ83によるビームサイズの調整を行なうと、調整に要する時間や調整後に粒子線を安定させる

までのダウンタイムが発生するので効率が悪い。

[0086] そこで、R I 製造装置 1 には、ターゲット 60 上の単位面積当たりの発熱量を調整する手段として、姿勢変更機構 91 (図 24, 図 25) が設けられている。姿勢変更機構 91 は、粒子線の照射方向に対してターゲット 60 の姿勢を変更するための機構である。姿勢変更機構 91 によれば、図 23 (a) に模式的に示されるように、導出部 104 からの粒子線 B の照射方向 (矢印 b) に対してターゲット 60 を傾斜させることができ、その傾斜角度を調整することができる。すなわち、姿勢変更機構 91 は、ターゲット 60 に対する粒子線 B の入射角 β を調整することができる。図 23 (a) は、粒子線 B がターゲット 60 の前端面 60 b (導出部 104 に近い側の面) に傾斜する方向から入射するようにした状態を示し、図 23 (b) は、粒子線 B がターゲット 60 の前端面 60 b に垂直に入射するようにした状態を示している。また、図 23 (a), (b) における符号 63 は、ターゲット 60 の前端面 60 b に沿って配置されるターゲット物質を模式的に示す。

[0087] 図 23 (a) のようにターゲット 60 が傾斜した状態では、傾斜していない状態 (図 23 (b)) に比較して、ビームサイズを変更することなく、ターゲット 60 上において粒子線 B が照射される面積 S が広がる。その結果、ターゲット 60 上の単位面積当たりの発熱量が低下する。このように、ターゲット 60 の傾斜角度が調整されることでターゲット 60 上の単位面積当たりの発熱量が調整される。

[0088] 姿勢変更機構 91 の具体的な機構について説明する。図 24 (a) に示されるように、姿勢変更機構 91 は、サイクロトン本体部 100 a に固定された L 字状の支柱部 92 と、当該支柱部 92 の先端部に配置されたヒンジ部 93 と、ヒンジ部 93 を介して支柱部 92 に回動可能に支持された真空箱 94 と、を備えている。導出部 104 からみて真空箱 94 の背面には、ターゲット 60 の先端部が挿入されるターゲット挿入口 94 a が設けられている。また、真空箱 94 の背面には、ターゲット着脱装置 110 の固定板 130 が固定されている。このターゲット着脱装置 110 により、当該ターゲット着

脱装置 110 が保持する複数のターゲット 60 がターゲット挿入口 94 a に選択的に着脱可能である。ターゲット挿入口 94 a に装着されたターゲット 60 の前端面 60 b の中央部は、ヒンジ部 93 の回動軸方向から見て、ほぼヒンジ部 93 と同じ位置に配置される。真空箱 94 の前面と導出部 104 との間が伸縮自在な筒状のベローズ 95 で接続されることで、粒子線 B の軌道が外部から仕切られ真空にされている。導出部 104 から出射された粒子線 B は、ベローズ 95 内及び真空箱 94 内を通過してターゲット 60 の前端面 60 b に照射される。

[0089] 図 24 (b) の状態では、ターゲット 60 の前端面 60 b が粒子線 B の照射方向に直交している。この状態から、図 24 (a) に示されるように、真空箱 94、ターゲット着脱装置 110 及びターゲット 60 は、図示しないモータ等の駆動源から駆動力を受けて、一体的に、支柱部 92 に対してヒンジ部 93 を中心に任意の姿勢に回動可能である。このように回動したとき、ターゲット 60 の前端面 60 b は、粒子線 B の軌道上において、当該粒子線 B の照射方向に対して傾斜する。またこのとき、導出部 104 と真空箱 94 との位置関係の変化に追従するようにベローズ 95 が伸縮するので、粒子線 B の軌道は真空に維持される。R1 製造装置 1 では、以上のような姿勢変更機構 91 によって、粒子線 B の照射方向に対してターゲット 60 の姿勢を調整し、ターゲット 60 への粒子線 B の入射角 β (図 23 (a)) を調整することができる。

[0090] 真空箱 94、ターゲット着脱装置 110 及びターゲット 60 を、一体として、上記のように回動させる機構は、図 24 に示されるものには限定されない。すなわち、このような機構としては、ターゲット 60 の前端面 60 b 近傍を中心として、ターゲット着脱装置 110 を回動可能なものであれば、種々の機構を採用することができる。例えば、図 25 (a), (b) に示されるように、姿勢変更機構 91 は、垂直多関節ロボット 96 を備えてもよい。垂直多関節ロボット 96 のベース部 96 a はサイクロترون本体部 100 a に固定され、垂直多関節ロボット 96 のアーム先端 96 b にターゲット着脱

装置 110 が固定される。

[0091] 垂直多関節ロボット 96 は、ヒンジ部を含む複数の関節部 96c を有するロボットアームを備えるものであり、垂直多関節ロボット 96 には市販の垂直多関節ロボットが採用されてもよい。垂直多関節ロボット 96 は、図 24 に示される機構よりも更に高い自由度でターゲット着脱装置 110 を移動させることができるので、当然ながら、図 24 に示される機構と同様にターゲット着脱装置 110 を動かすことができる。そして、ターゲット着脱装置 110 は、粒子線 B の照射方向に対してターゲット 60 の姿勢を調整し、ターゲット 60 への粒子線 B の入射角 β (図 23 (a)) を調整することができる。図 25 (a) は、ターゲット 60 の前端面 60b が粒子線 B の照射方向に直交した状態を示しており、図 25 (b) は、ターゲット 60 の前端面 60b が粒子線 B の照射方向に対して傾斜した状態を示している。図 25 の機構において、図 24 の機構と同一又は同等の要素には同一の符号を付して重複する説明を省略する。

[0092] 以上説明した姿勢変更機構 91 によれば、ターゲット 60 が新たなものに交換されたときに、ターゲット 60 の物質の状態（気体ターゲットか、液体ターゲットか、固体ターゲットか）や、ターゲット物質の物性に応じて、サイクロトロン本体部 100a に対するターゲット着脱装置 110 の姿勢を調整することで、粒子線の照射方向に対するターゲット 60 の傾斜角度を調整することができる。これにより、ターゲット 60 の物質の状態や、ターゲット物質の物性に応じて、ターゲット 60 上の単位面積当たりの発熱量を適切に調整することができる。

[0093] このような調整によれば、粒子線 B のビームサイズを調整する手法に比較して、前述したようなターゲット 60 (60G, 60L, 60S) の交換に伴うダウンタイムが削減され、ひいては、R1 の製造量を増加させることができる。また、ターゲット着脱装置 110 によるターゲット 60 の交換時に限らず、新たなターゲット 60 が導出部 104 に取付けられた際においても、ビームサイズを調整する場合に比較してダウンタイムが削減され、ひいて

は、R I の製造量を増加させることができる。

[0094] また、物質の状態や物質の特性が異なる場合にも各ターゲット 60 に対して適切な粒子線照射が可能であるので、ターゲット 60 の交換時の処理が簡略化される。従って、ターゲット着脱装置 110 においては、例えば、R & D 用途のターゲットを R I 製造用途のターゲットに加えて一緒に取扱うことができ、その結果、R & D の推進が図られる。

[0095] また、ターゲット 60 が傾斜した状態（図 23（a））では、傾斜していない状態（図 23（b））に比較して、ターゲット 60 のターゲット物質 63 中で粒子線 B が照射される部位 63 a が増加するので、R I の製造量が増加する。例えば、固体ターゲット 60 S（図 22（a））の場合にはターゲット 60 を照射方向 b に対して傾斜させ、液体ターゲット 60 L（図 22（a））の場合にはターゲット 60 を照射方向 b に対して直交させる、といったことも可能である。固体ターゲット 60 S においてターゲット 60 を照射方向 b に対して傾斜させることで、上記のようにターゲット物質 63 中で粒子線 B が照射される部位 63 a が増加するので、R I の製造量が増加する。例えば、液体ターゲット 60 L の場合でターゲット物質 63 の液量が少ない場合には、ターゲット 60 を照射方向 b に対して直交させることで、ターゲット物質 63 の液量を増加させずにターゲット物質 63 全体に粒子線が照射されるようにすることができる。

[0096] なお、ターゲット 60 を傾斜させる場合における傾斜の方向は限定されない。例えば、図 24 及び図 25 は、ターゲット 60 を保持するターゲット着脱装置 110 を Y 方向（図 2）に平行な軸線周りに回動させてターゲット 60 を傾斜させる例を示しているが、例えば、ターゲット着脱装置 110 を Y 方向及び X 方向（図 2）の双方に直交する軸線周りに回動させてターゲット 60 を傾斜させてもよい。

[0097] 本発明は、上述した実施形態を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を施した様々な形態で実施することができる。また、上述した実施形態に記載されている技術的事項を利用して、変形例を構成することも

可能である。各実施形態等の構成を適宜組み合わせ使用してもよい。

[0098] ターゲット着脱装置 10, 110 では、Y 方向（図 3）に変位可能なスライドプレート 16 上で複数のターゲット 60 が Y 方向に配列されることで、ターゲット 60 の交換を可能にしているが、この構成には限定されない。Y 方向及び X 方向（図 2）の双方に直交する方向を Z 方向とすれば、例えば、Z 方向に変位可能なスライドプレート上で複数のターゲット 60 が Z 方向に配列されて保持されてもよい。また、X 方向に直交する面内で二次元的に変位可能なスライドプレート上に複数のターゲット 60 が二次元的に配列されて保持されてもよい。また、R1 製造装置 1 がターゲット着脱装置 10, 110 のような複数のターゲット 60 を保持可能なものを備えることは必須ではなく、例えば他の着脱装置等によりターゲット 60 が 1 つずつ導出部 104 に着脱されてもよい。

[0099] また、ターゲット 60 を保持するターゲット保持部材が並進移動するものには限られず、ターゲット保持部材は回転移動するものであってもよい。例えば、図 26 に示されるようなターゲット着脱装置 210 が用いられてもよい。ターゲット着脱装置 210 は、台座部 215 と、当該台座部 215 に回転可能に支持される円柱状の回転胴部 216（ターゲット保持部材）と、を備えている。台座部 215 は、例えば取付ベース 64 を介してサイクロトロン本体部 100a に取付けられる。回転胴部 216 は円柱軸を X 方向に向けた状態で台座部 215 に取付けられ、台座部 215 に対して円柱軸線（回転軸線 NX）周りに回転可能である。回転胴部 216 には、ターゲット 60 を保持する複数の円孔 216a が回転軸線 NX の周りに設けられている。円孔 216a は回転胴部 216 の回転周方向に等間隔に配置されており、各円孔 216a には、円柱状のターゲット 60 が円柱軸を X 方向に向けた状態で保持される。

[0100] 台座部 215 上にはモータ 220（第 3 駆動部）が設置されている。モータ 220 の回転軸及び回転胴部 216 に架け渡された駆動ベルト 221 によって、モータ 220 の駆動力が回転胴部 216 に伝達され、回転胴部 216

が回転軸線N X周りに回転する。このような回転胴部216の回転により、導出部104に対しX方向に対面するターゲット60が選択可能であり、選択されたターゲット60は、回転胴部216をX方向に駆動する駆動部（図示せず）又は台座部215をX方向に駆動する駆動部（図示せず）によって導出部104に着脱される。このターゲット着脱装置210において、ターゲット60と円孔216aとの間に介在される円筒スリーブ81、回転胴部216、台座部215、及び取付ベース64の少なくとも何れかが電気絶縁部材79である。また、このターゲット着脱装置210が図24又は図25におけるターゲット着脱装置110に代えて用いられてもよい。

[0101] RI製造装置1が備える加速器は、サイクロトロンに限られるものではなく、線形加速器、シンクロサイクロトロン等の、他の加速器であってもよい。

符号の説明

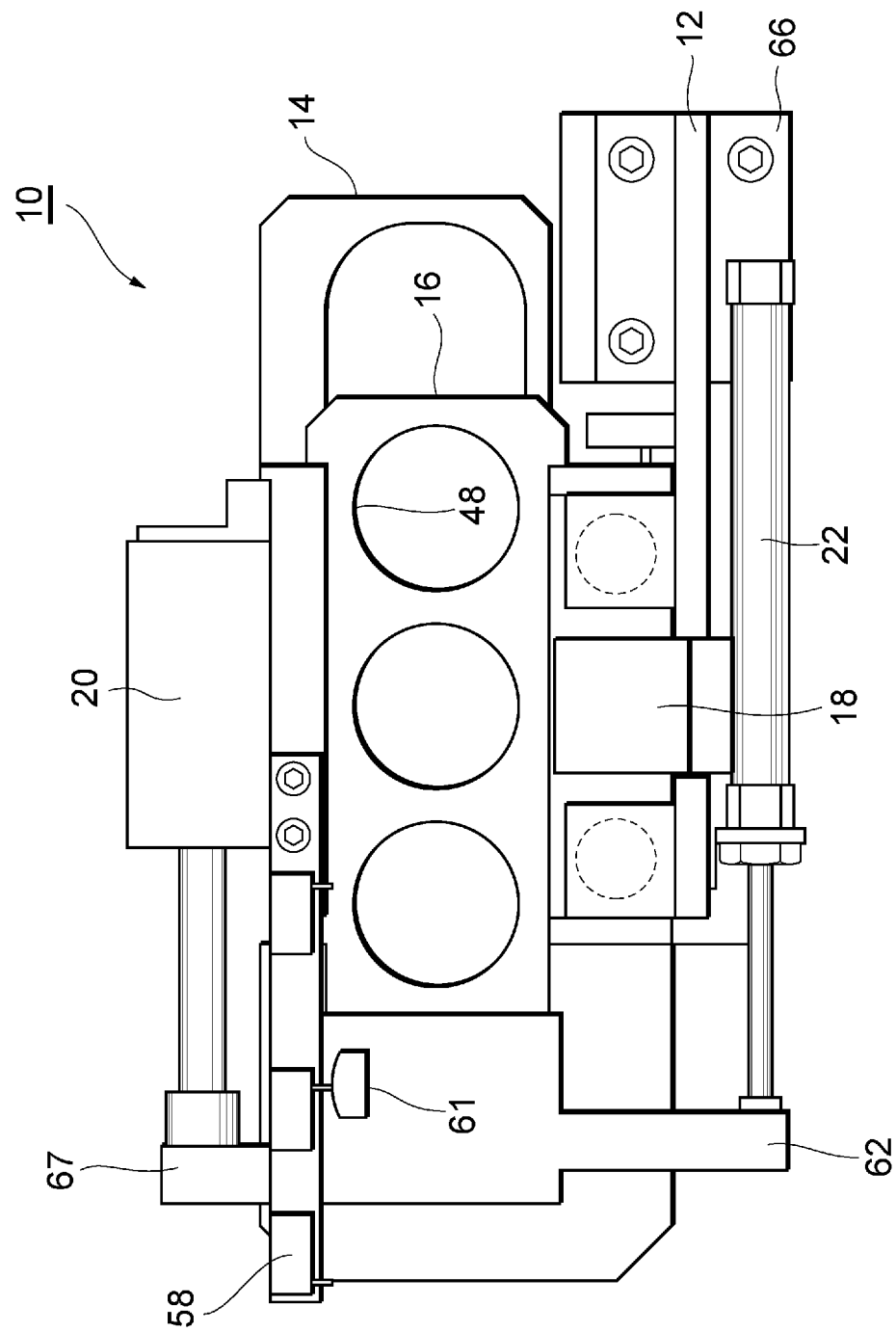
[0102] 1…RI製造装置、10、110、210…ターゲット着脱装置、16…スライドプレート（ターゲット保持部材）、18…第1エアシリンダ（駆動装置、第2駆動部）、20…第2エアシリンダ（駆動装置、第1駆動部）、22…第3エアシリンダ（駆動装置、第1駆動部）、48…保持部、60…ターゲット、60G…気体ターゲット、60L…液体ターゲット、60S…固体ターゲット、64…取付ベース（固定具）、71…電流検知装置、79…電気絶縁部材、91…姿勢変更機構（入射角調整機構）、93…ヒンジ部（間接部）、96…垂直多関節ロボット、96c…関節部、100…サイクロトロン（加速器）、104…導出部、216…回転胴部（ターゲット保持部材）、216a…円孔（保持部）、220…モータ（第3駆動部）、B…粒子線、 β …入射角。

請求の範囲

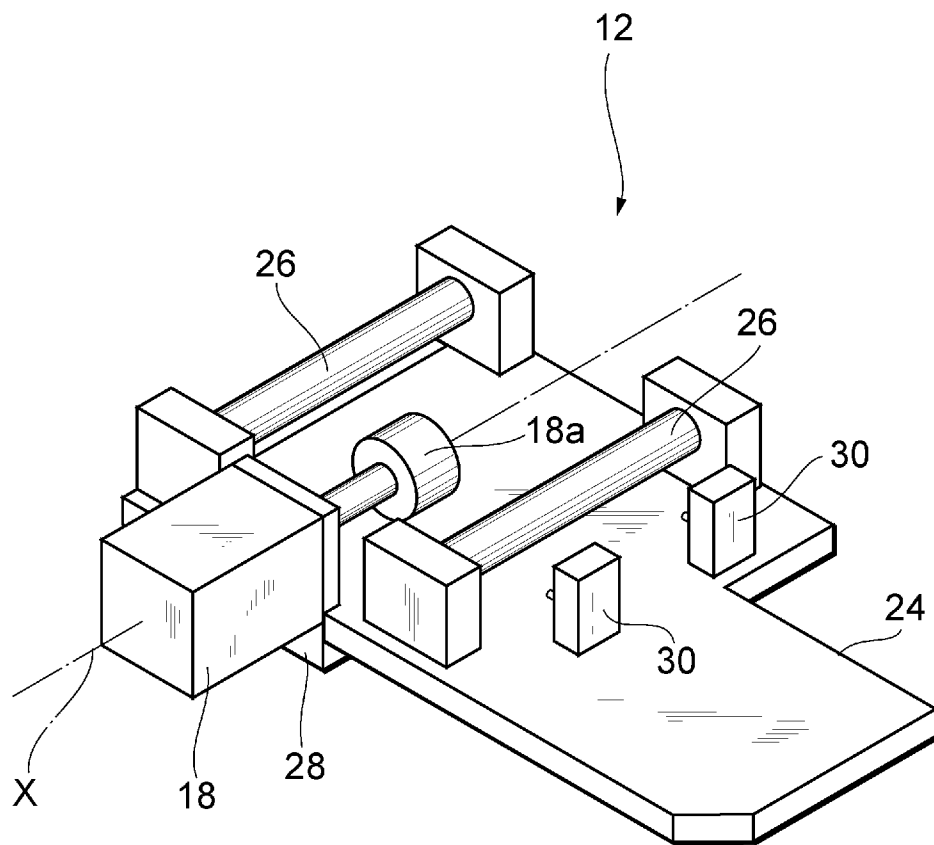
- [請求項1] 加速器と、
 前記加速器から出射された加速粒子の粒子線が照射されるターゲットと、を備え、
 前記加速器と前記ターゲットとが電氣的に絶縁されている、R I 製造装置。
- [請求項2] 前記加速器における前記加速粒子の導出部に前記ターゲットを着脱するためのターゲット着脱装置を更に備え、
 ターゲット着脱装置は、
 前記ターゲットを保持可能な複数個の保持部を有するターゲット保持部材と、
 前記導出部に配置する前記保持部を選択可能に前記ターゲット保持部材の位置を変位させる駆動装置と、を備える、請求項1に記載のR I 製造装置。
- [請求項3] 前記ターゲット保持部材の前記保持部は第1の直線方向に並設され、
 前記駆動装置は、前記ターゲット保持部材を前記第1の直線方向に変位させる第1駆動部と、該ターゲット保持部材を該第1の直線方向と交差する第2の方向に変位させる第2駆動部と、を有する、請求項2に記載のR I 製造装置。
- [請求項4] 前記ターゲットは、
 前記ターゲット保持部材の前記第2の方向への変位によって、前記ターゲット保持部材に保持されたままの状態の前記導出部に対して進退し当該導出部に着脱される、請求項3に記載のR I 製造装置。
- [請求項5] 前記ターゲットは、電気絶縁部材を介在させて前記ターゲット保持部材の保持部に保持される、請求項2に記載のR I 製造装置。
- [請求項6] 前記ターゲット保持部材が電気絶縁部材である、請求項2に記載のR I 製造装置。

- [請求項7] 前記ターゲット着脱装置は、所定の固定具を介して前記加速器に取付けられており、
前記固定具が電気絶縁部材である、請求項2に記載のR I 製造装置。
- [請求項8] 前記駆動装置は、前記ターゲット保持部材を回転させる第3駆動部を有し、
前記複数の保持部は前記ターゲット保持部材の回転軸線の周りに設けられる、請求項2に記載のR I 製造装置。
- [請求項9] 前記加速器に取付けられ、前記加速器における前記加速粒子の導出部に前記ターゲットを保持した状態で着脱するターゲット着脱装置を更に備え、
前記ターゲットは、電気絶縁部材を介在させて前記ターゲット着脱装置に保持される、請求項1に記載のR I 製造装置。
- [請求項10] 所定の固定具を介して前記加速器に取付けられ、前記加速器における前記加速粒子の導出部に前記ターゲットを保持した状態で着脱するターゲット着脱装置を更に備え、
前記固定具が電気絶縁部材である、請求項1に記載のR I 製造装置。
- [請求項11] 前記加速器と前記ターゲットとの間に電気絶縁部材が介在されることにより前記加速器と前記ターゲットとが電氣的に絶縁されており、
前記電気絶縁部材が放射線遮蔽機能を有する、請求項1に記載のR I 製造装置。
- [請求項12] 前記ターゲットに接続され前記ターゲットに照射される前記粒子線の電流を検知する電流検知装置を更に備える、請求項1に記載のR I 製造装置。

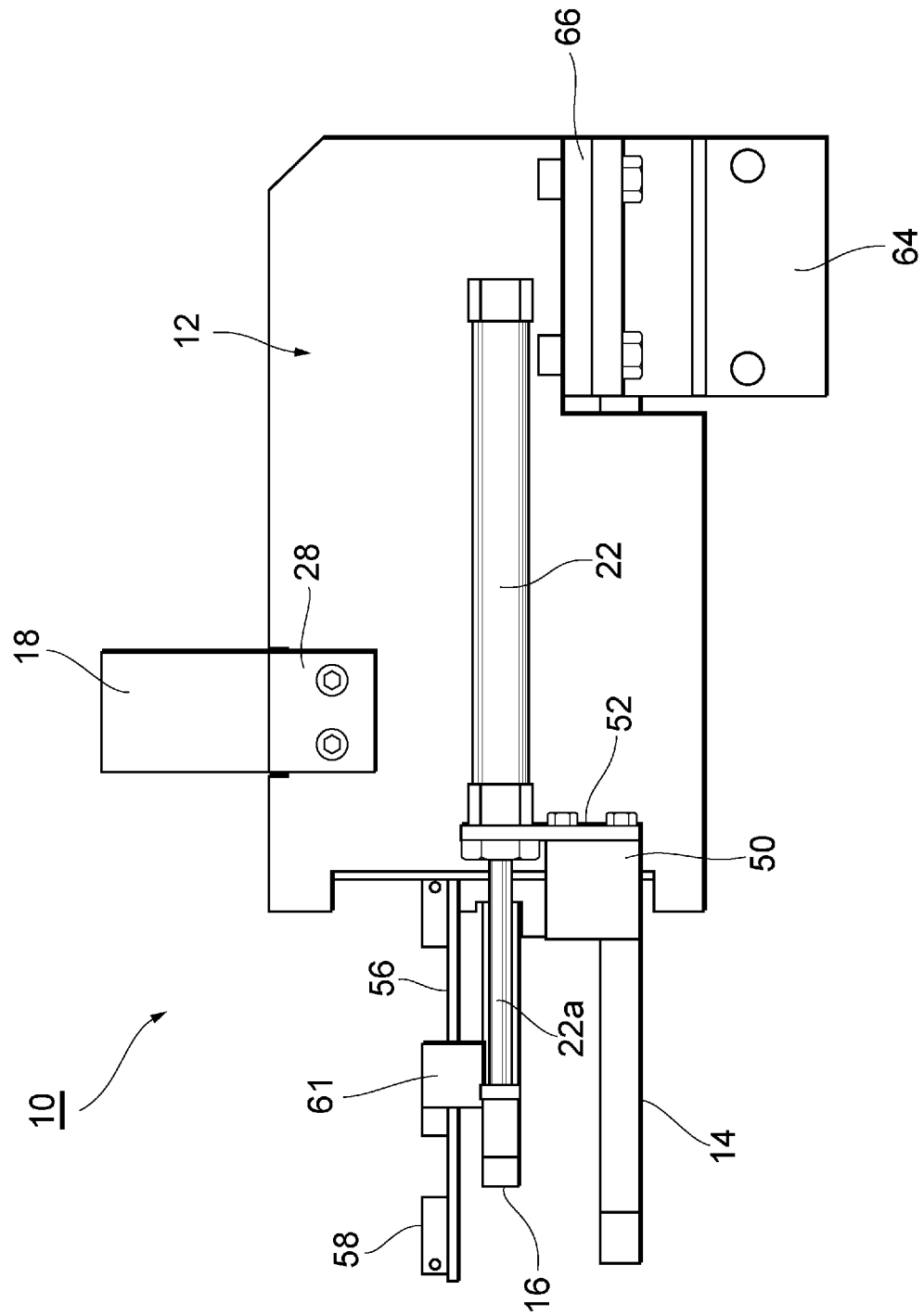
[図1]



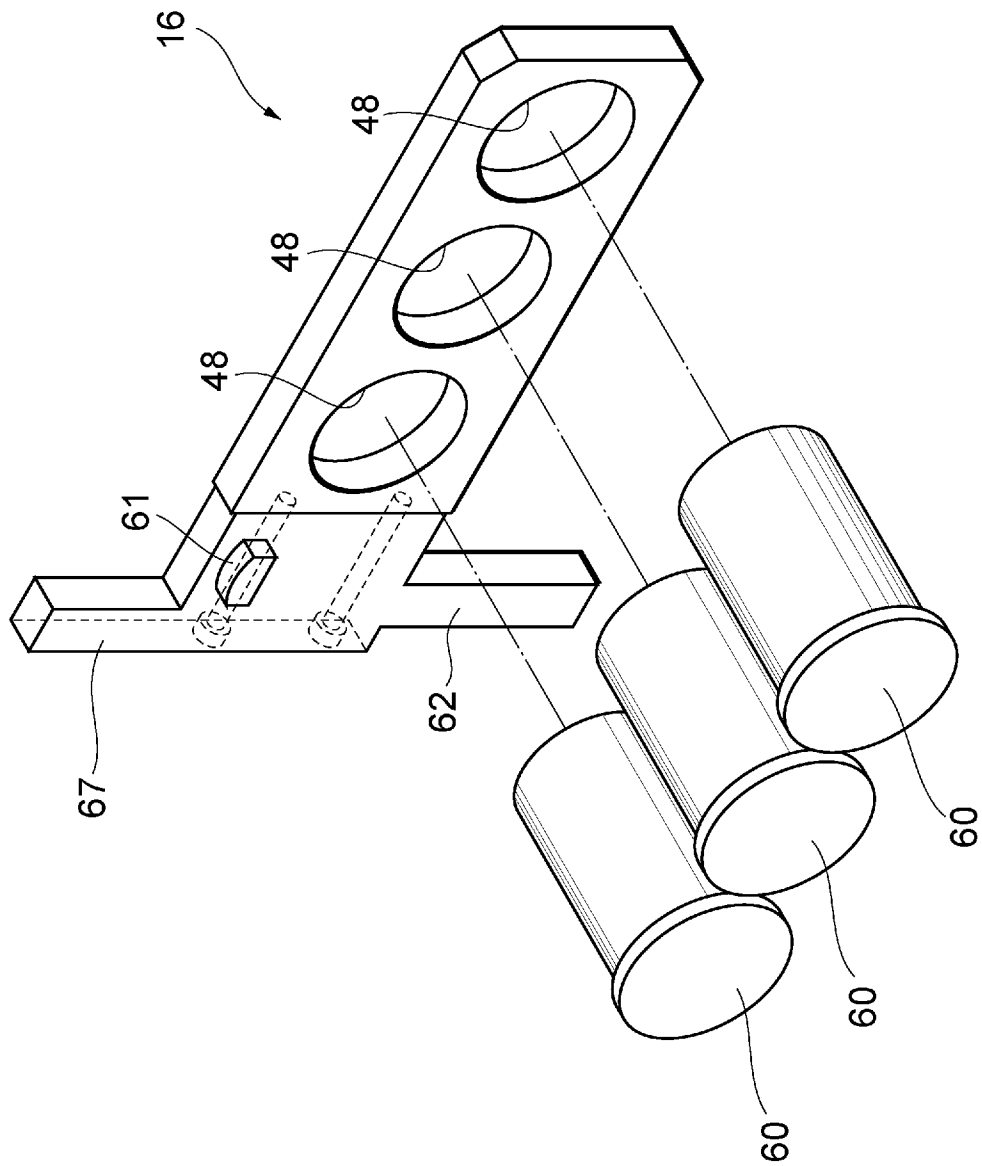
[図2]



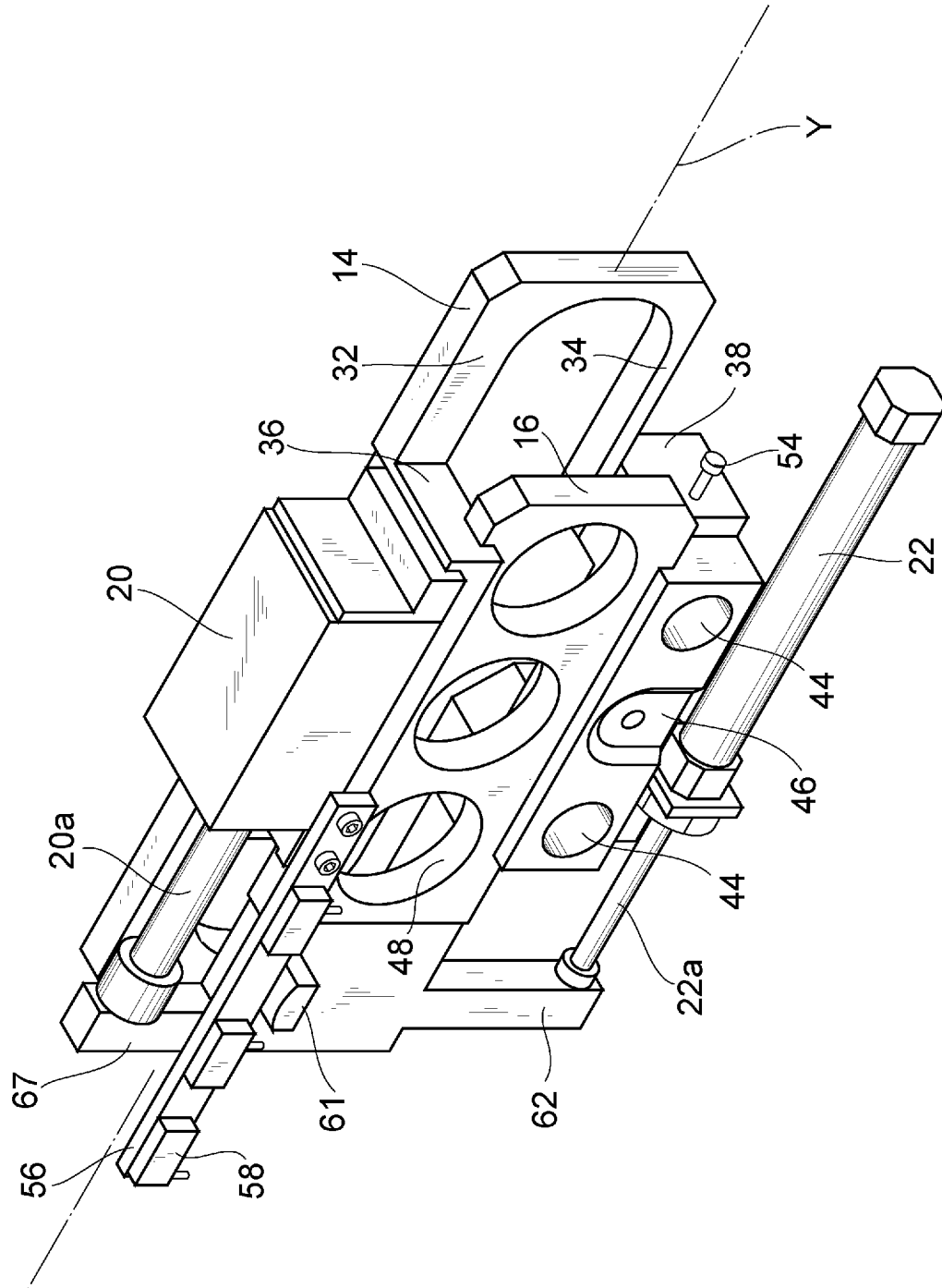
[図4]



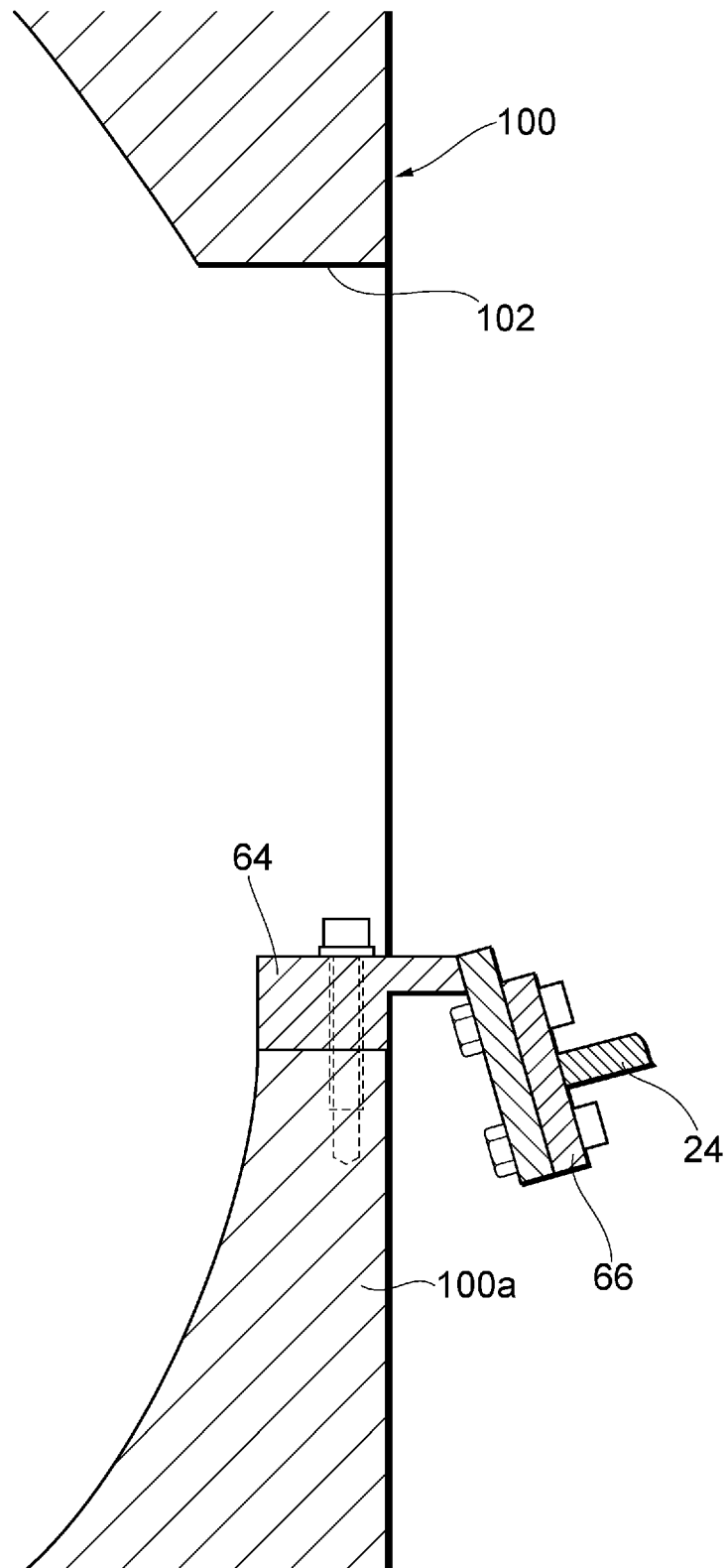
[図5]



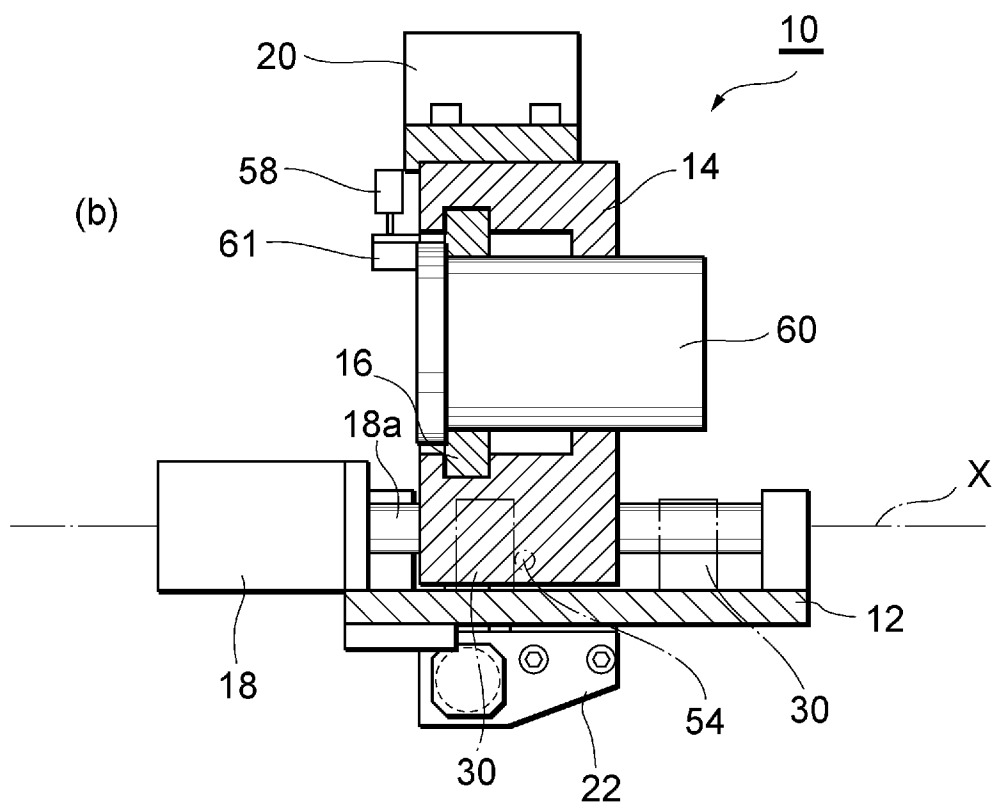
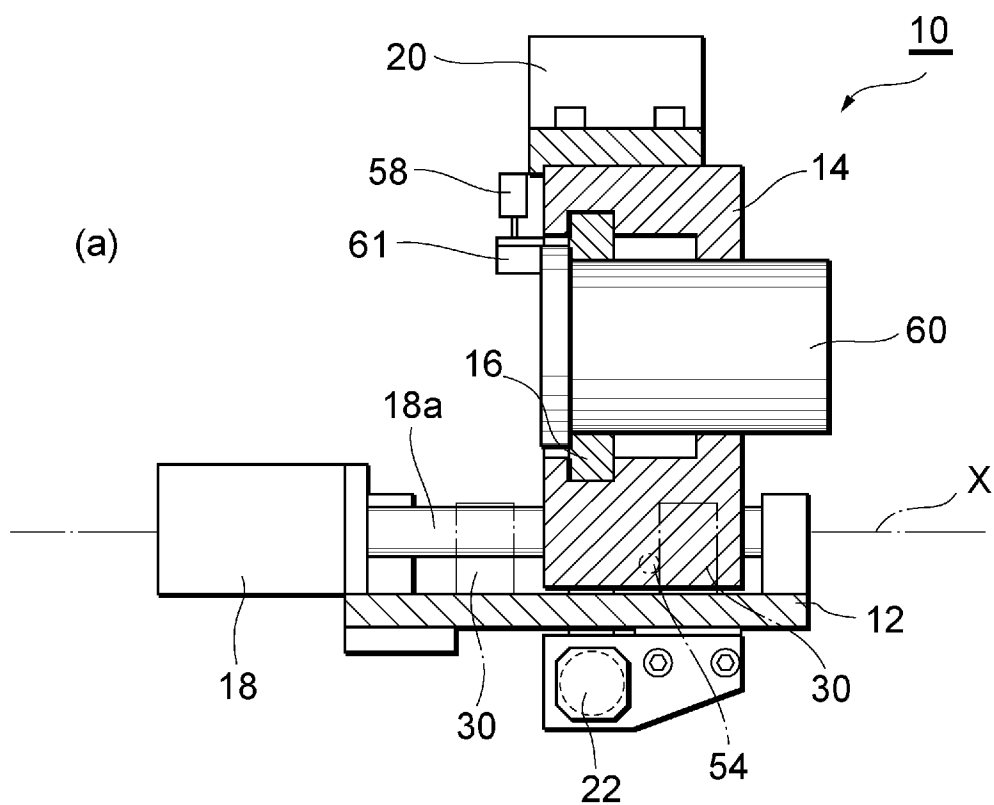
[図6]



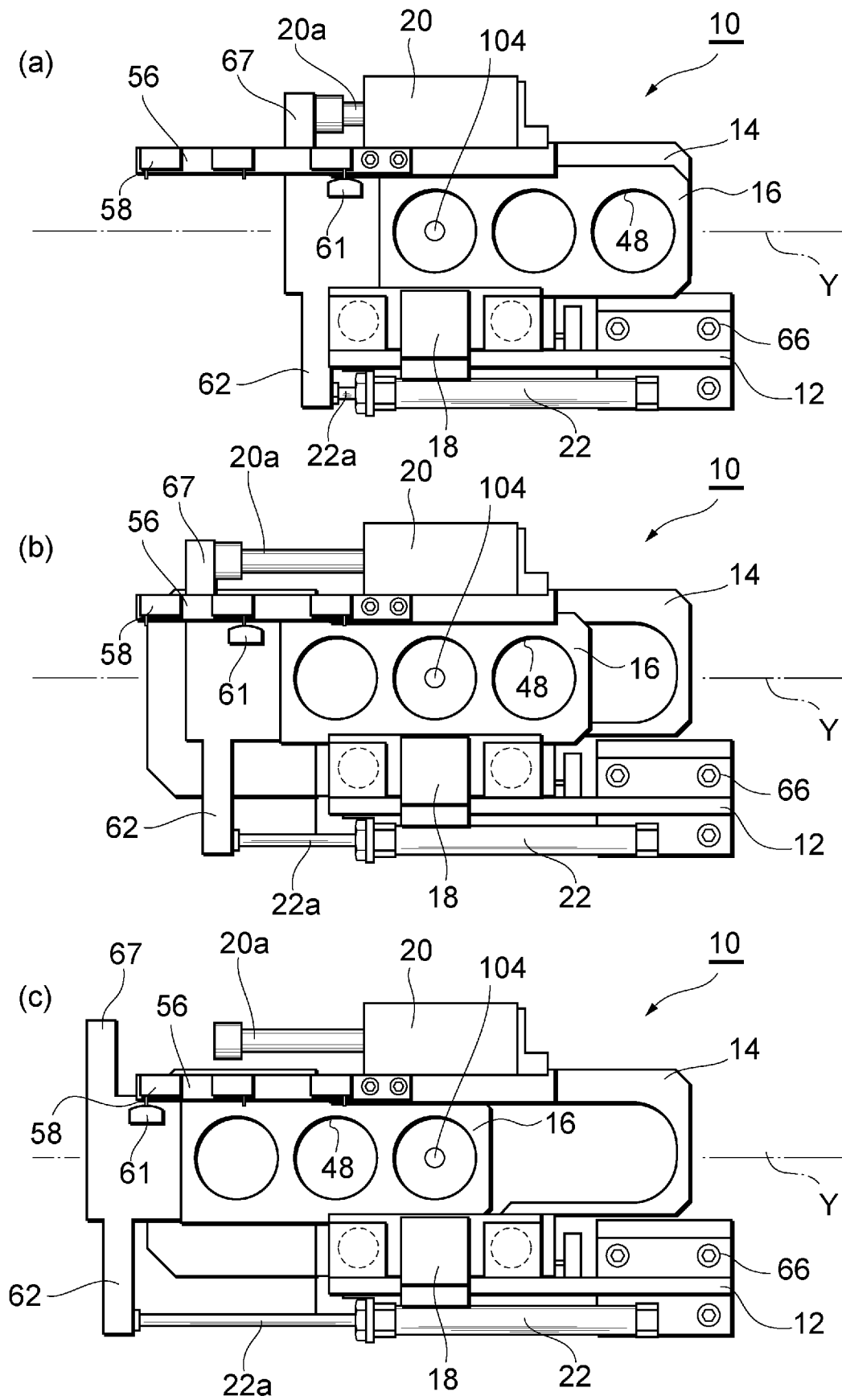
[図7]



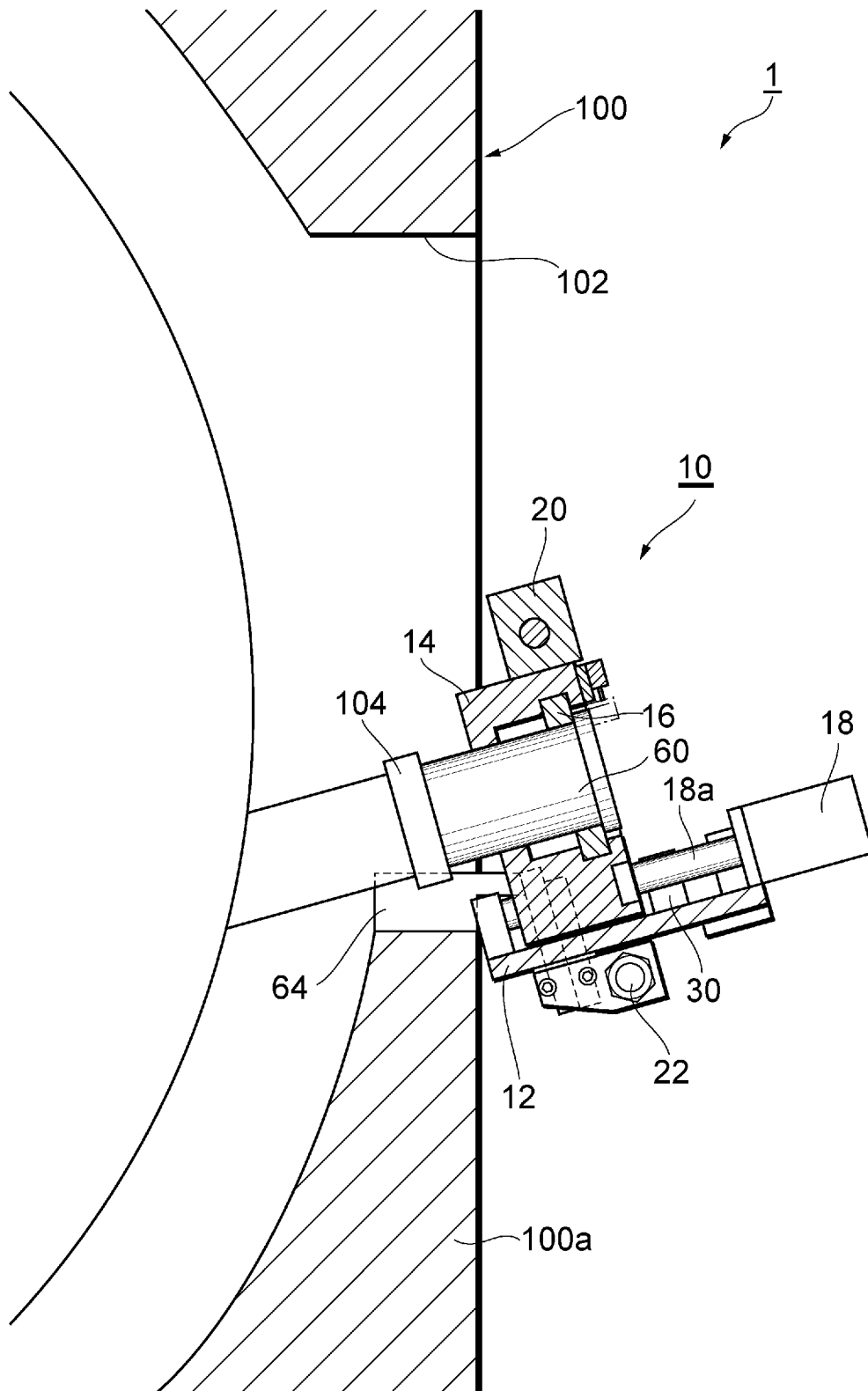
[図8]



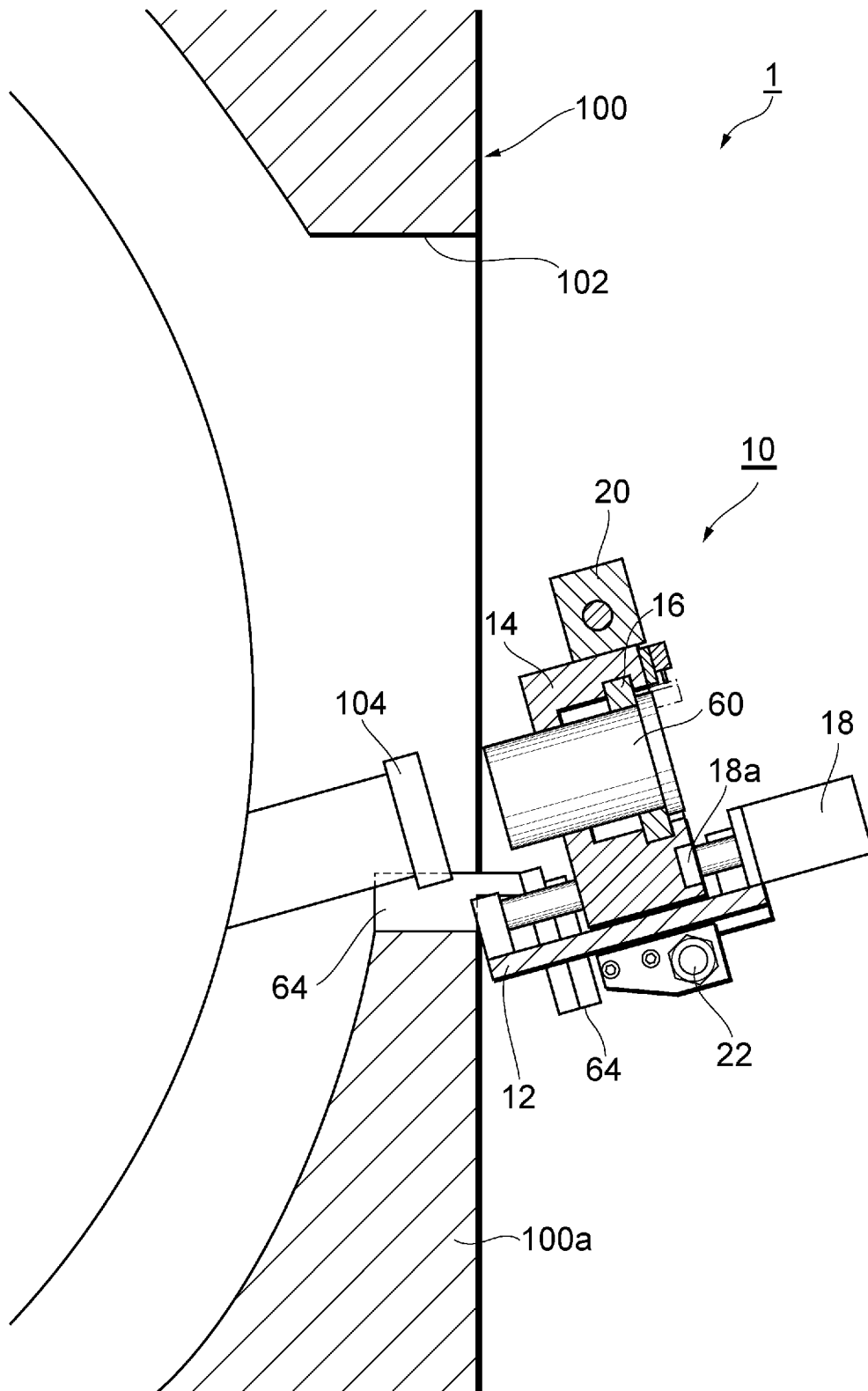
[図9]



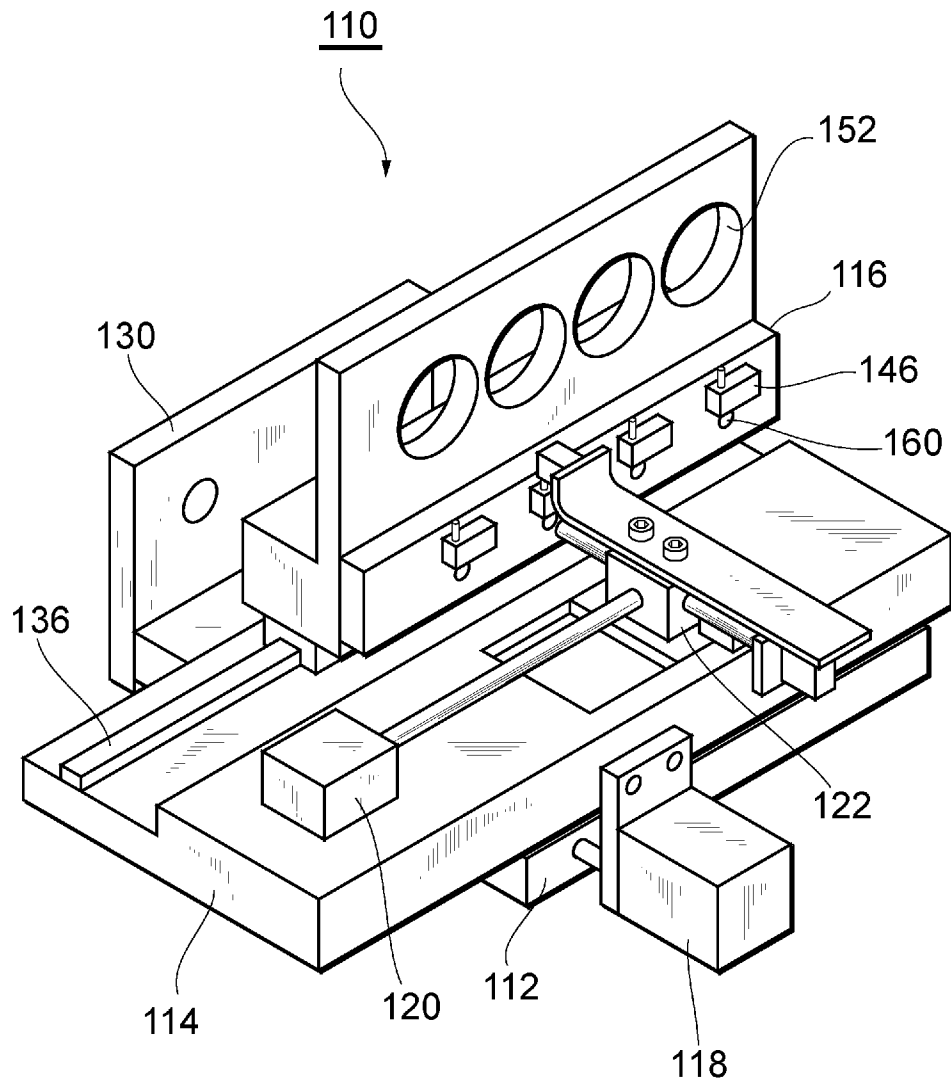
[図10]



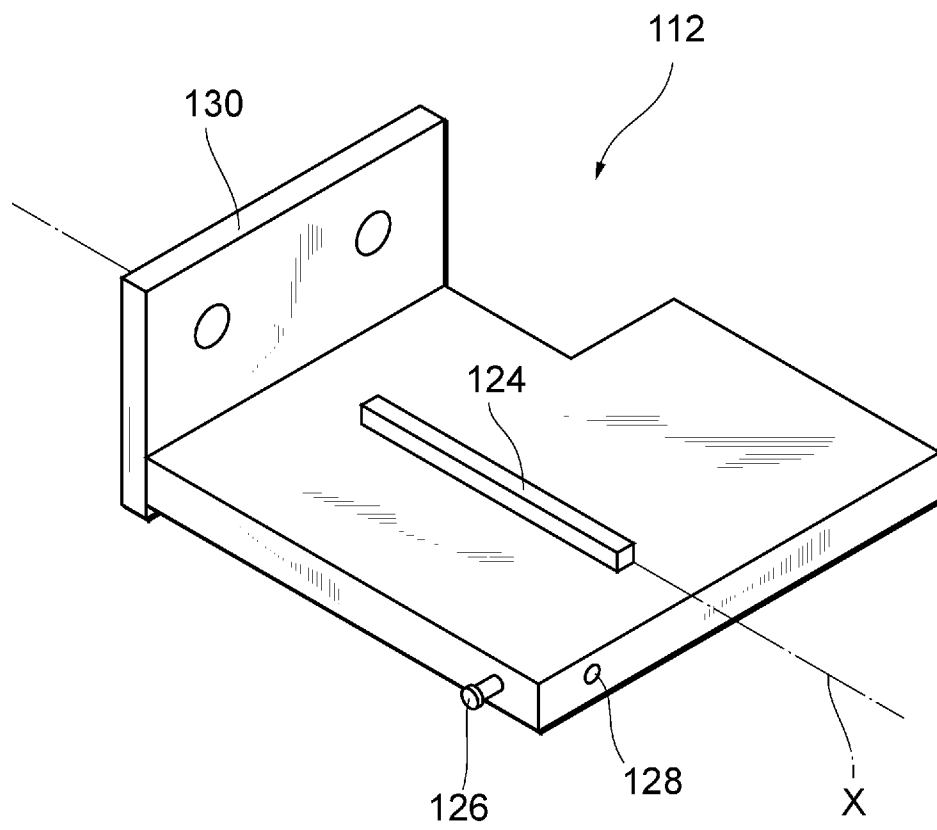
[図11]



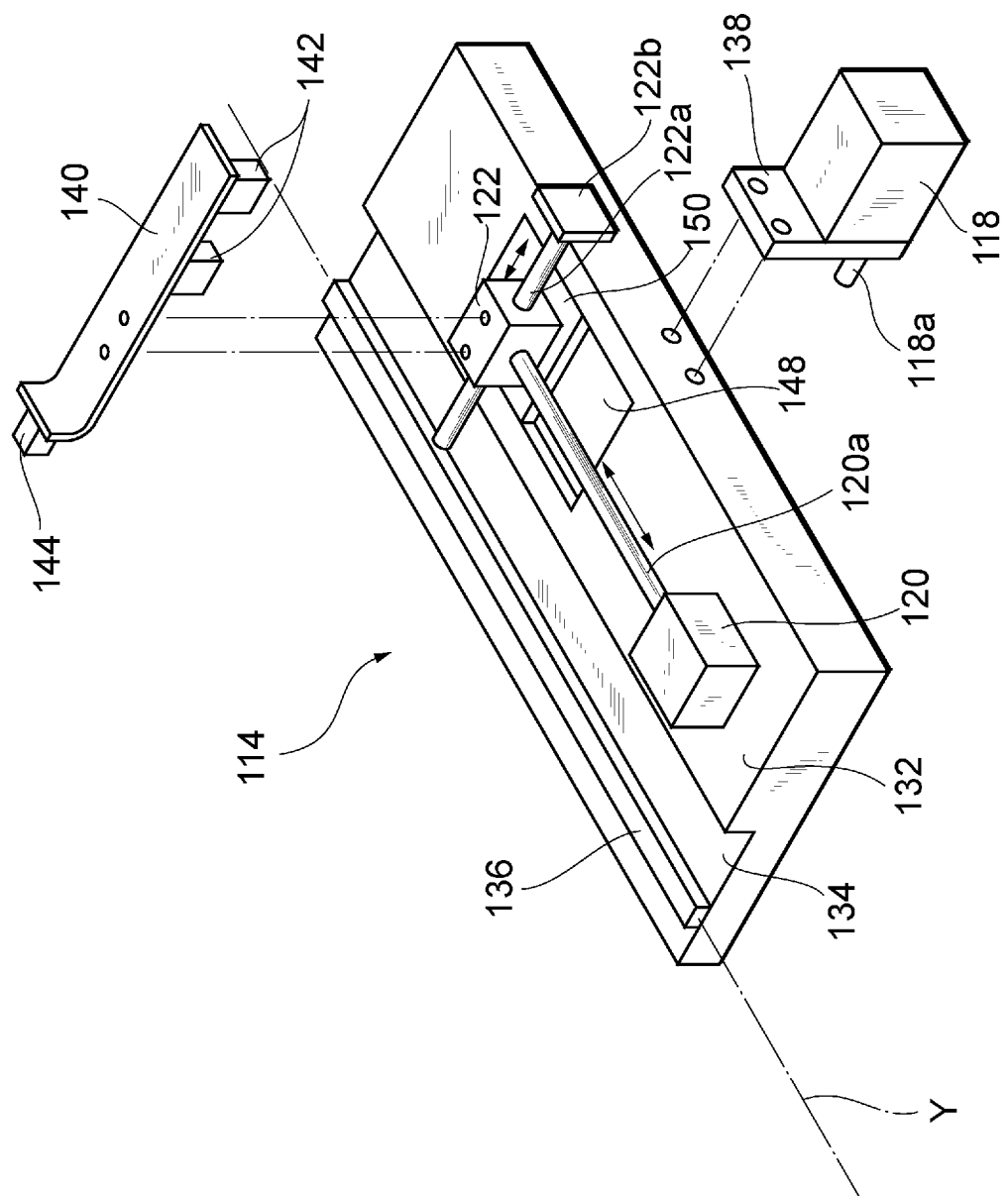
[図12]



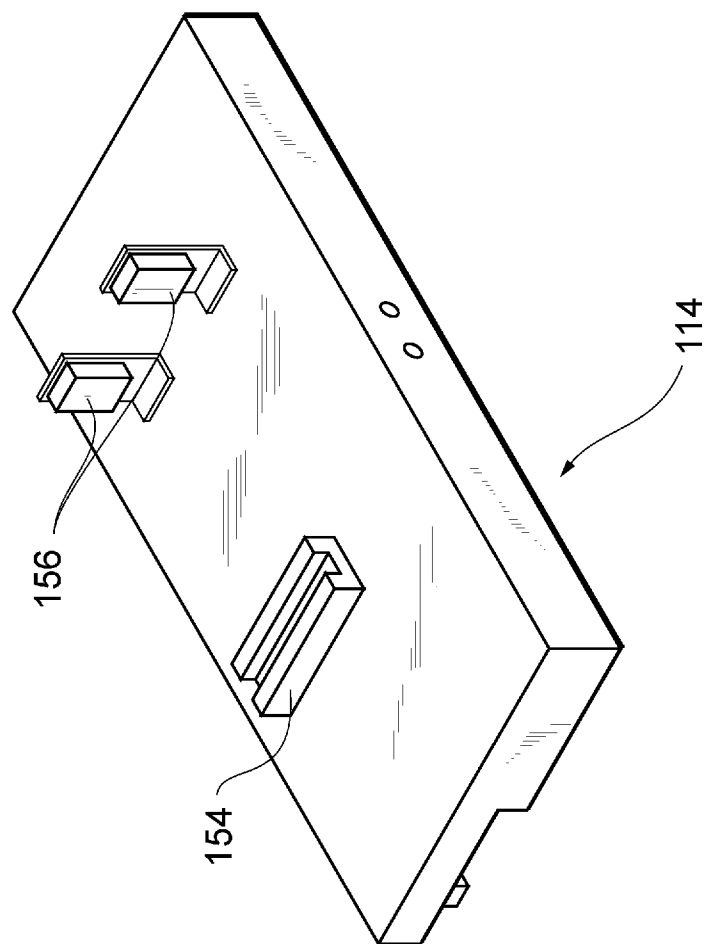
[図13]



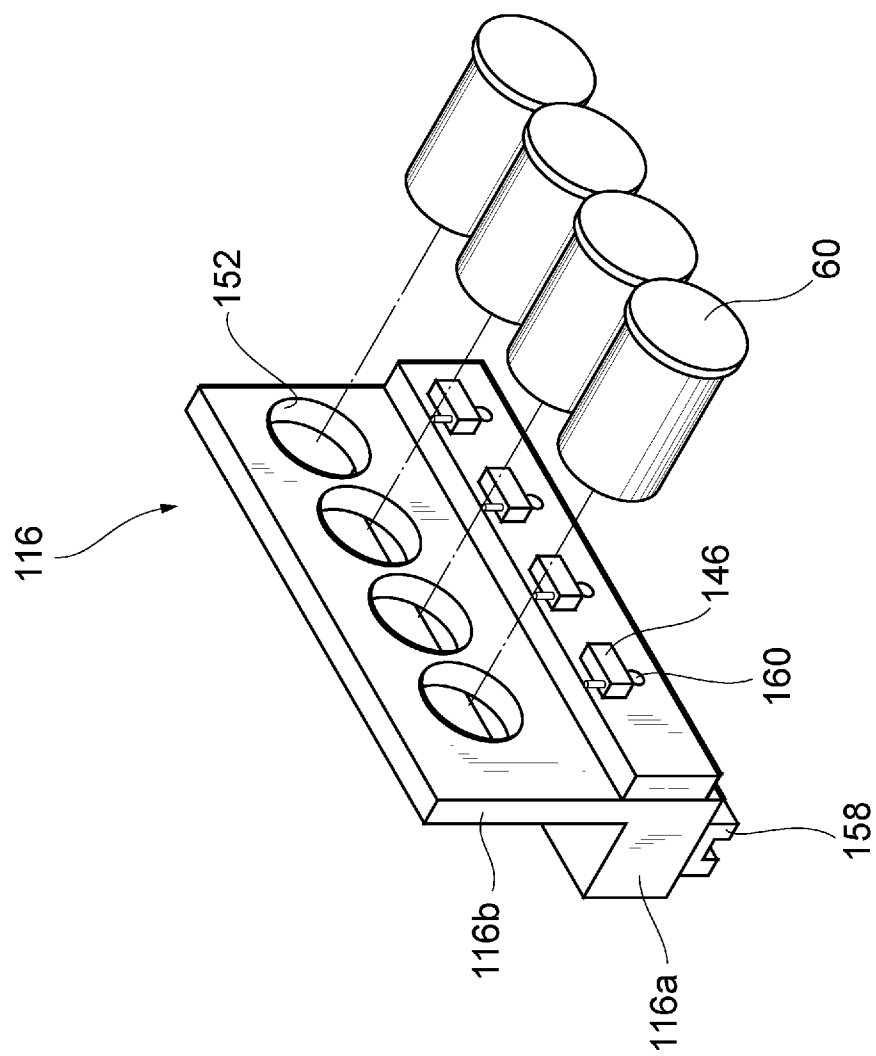
[図14]



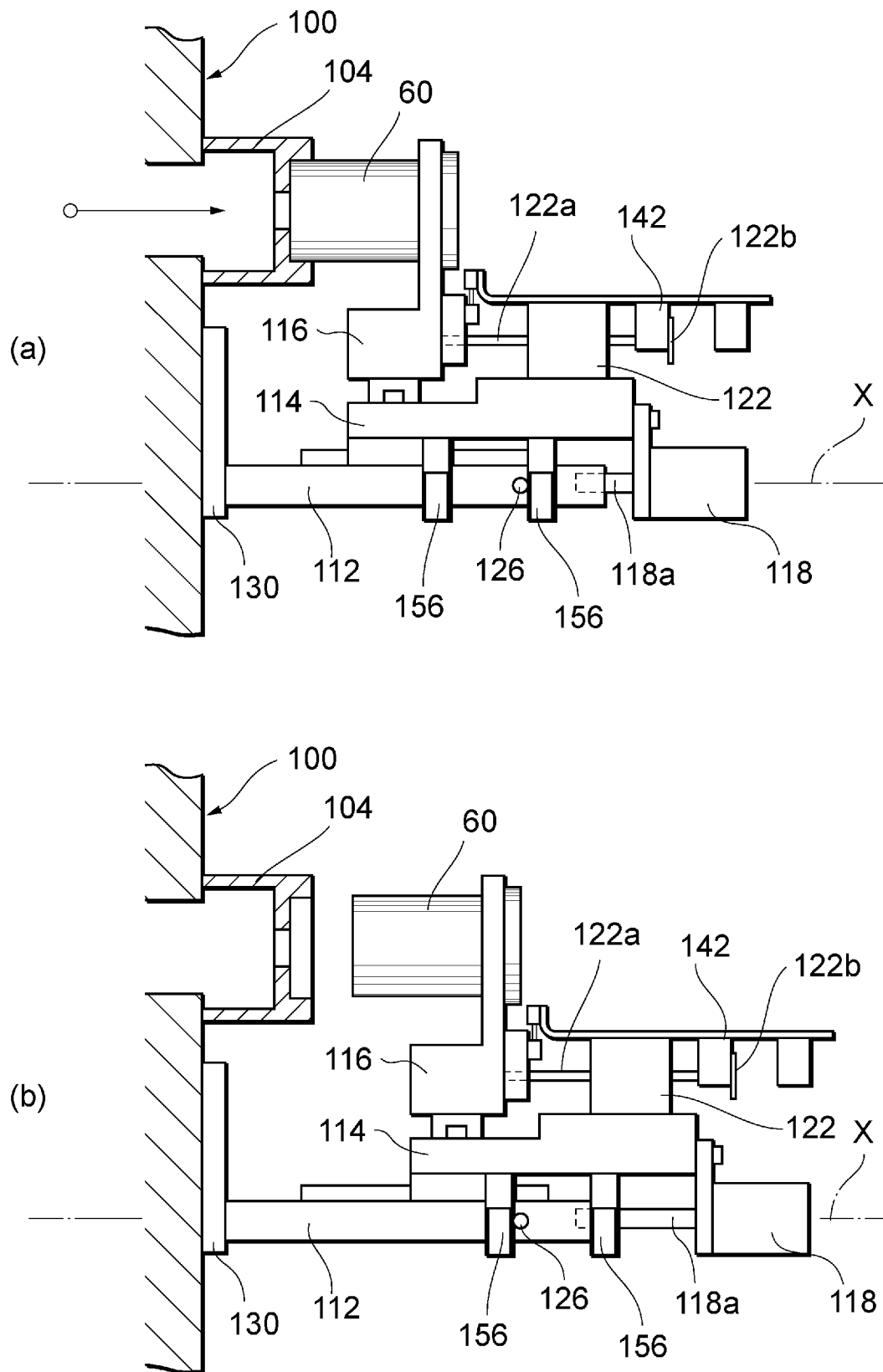
[図15]



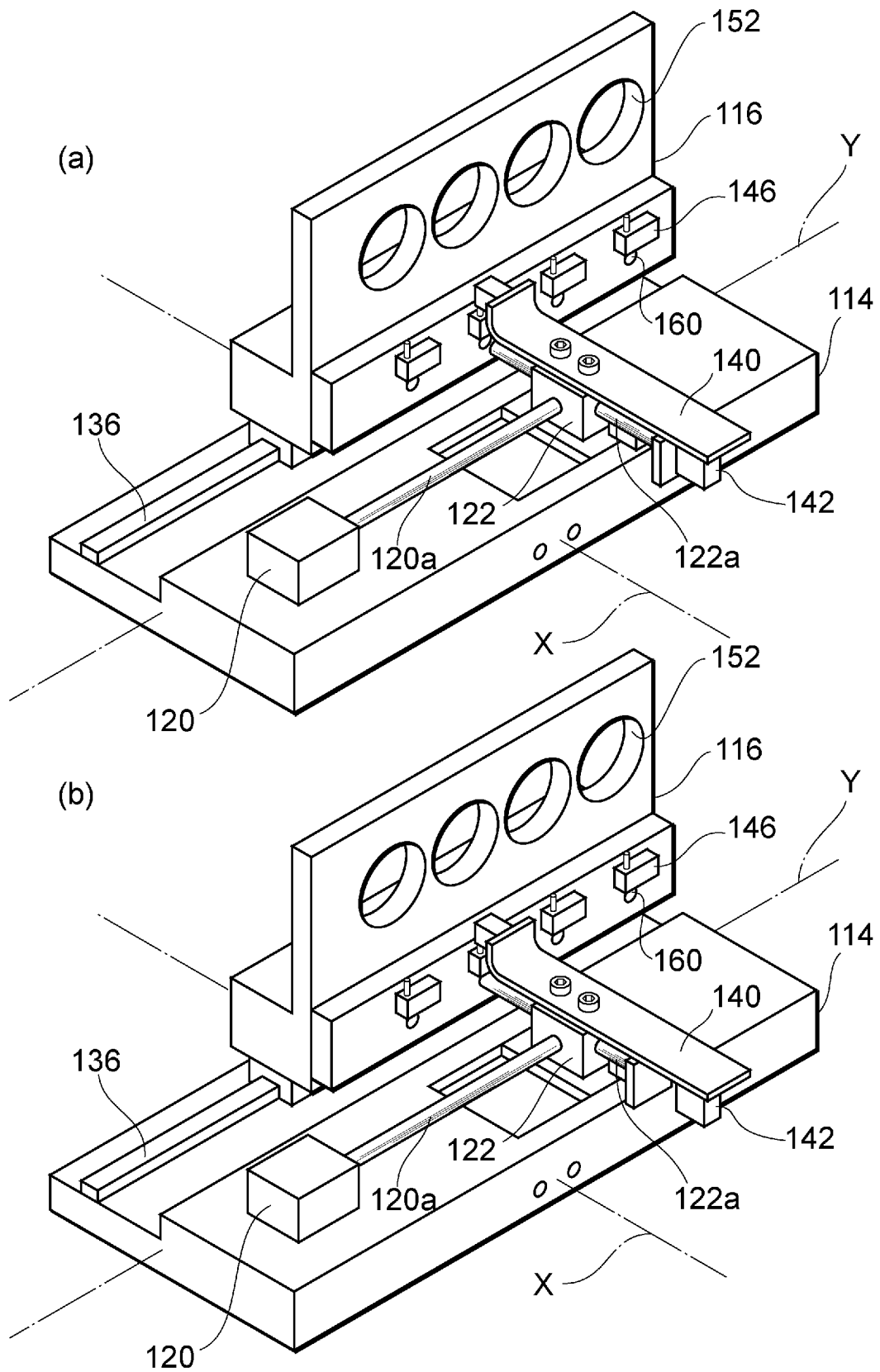
[図16]



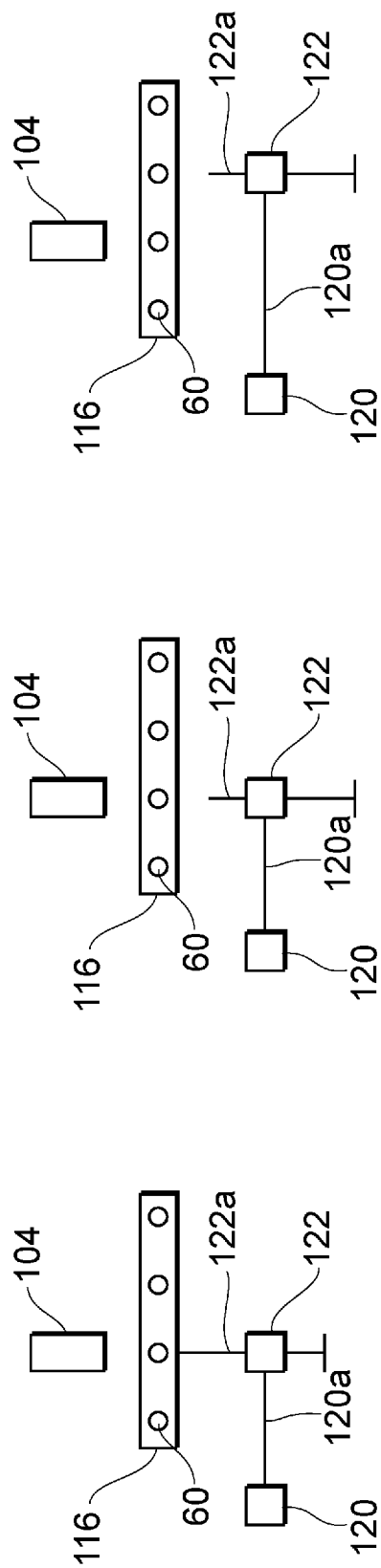
[図17]



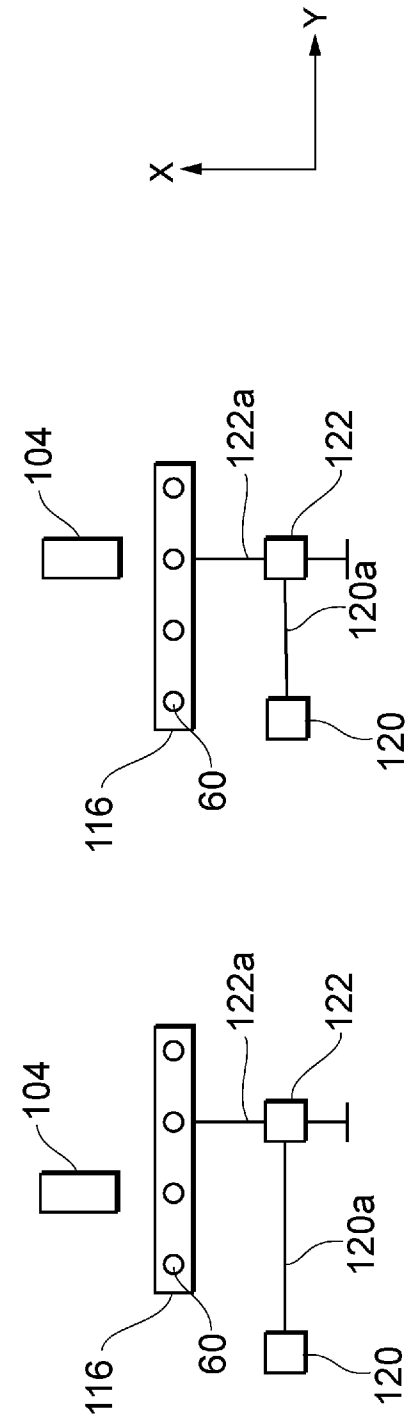
[図18]



[図20]



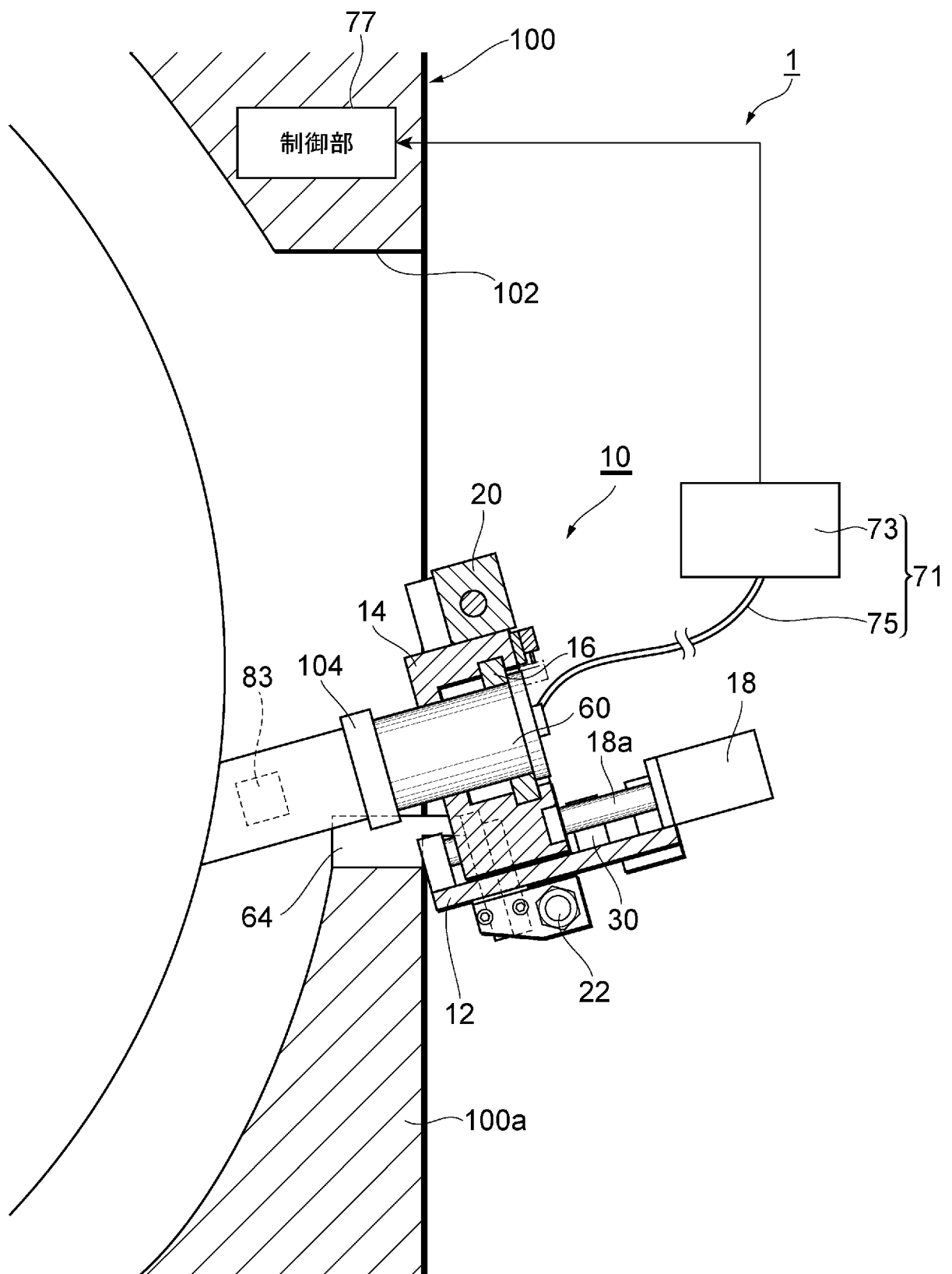
(c)



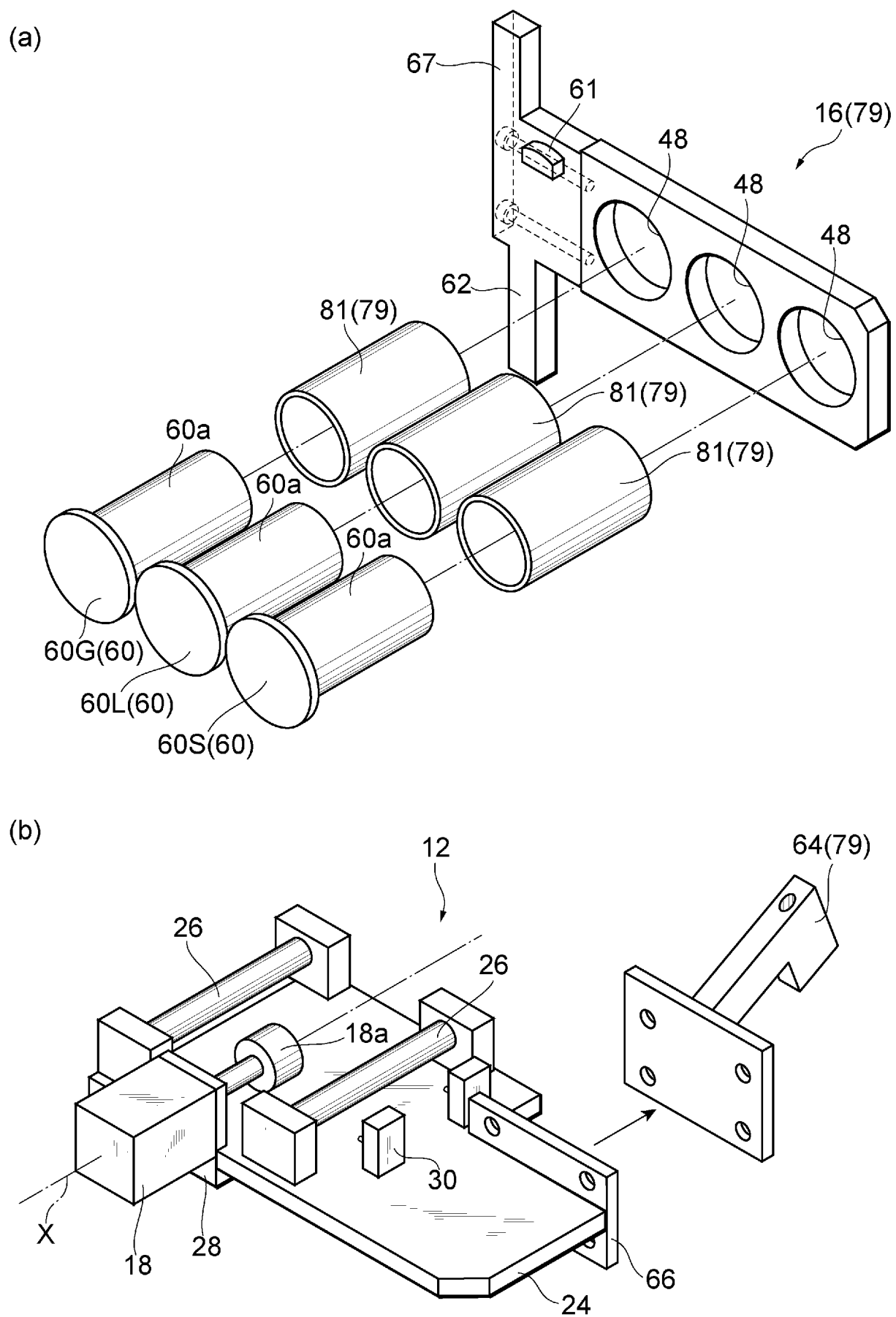
(e)

(d)

[図21]

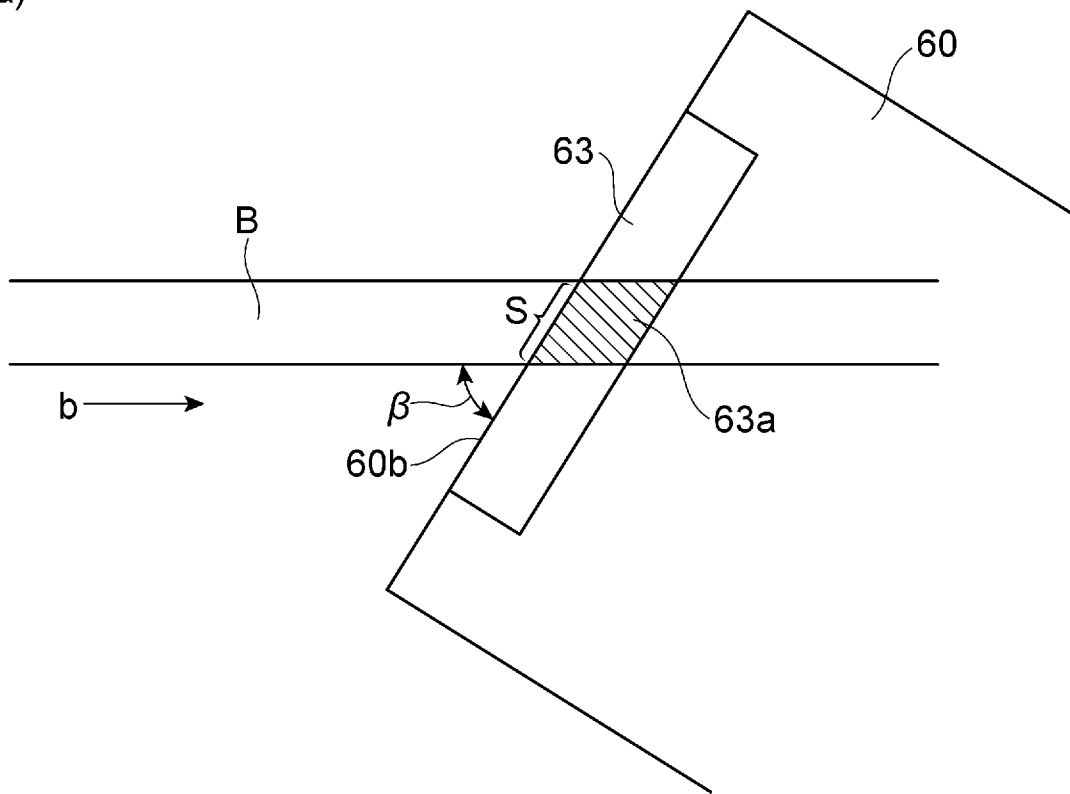


[図22]

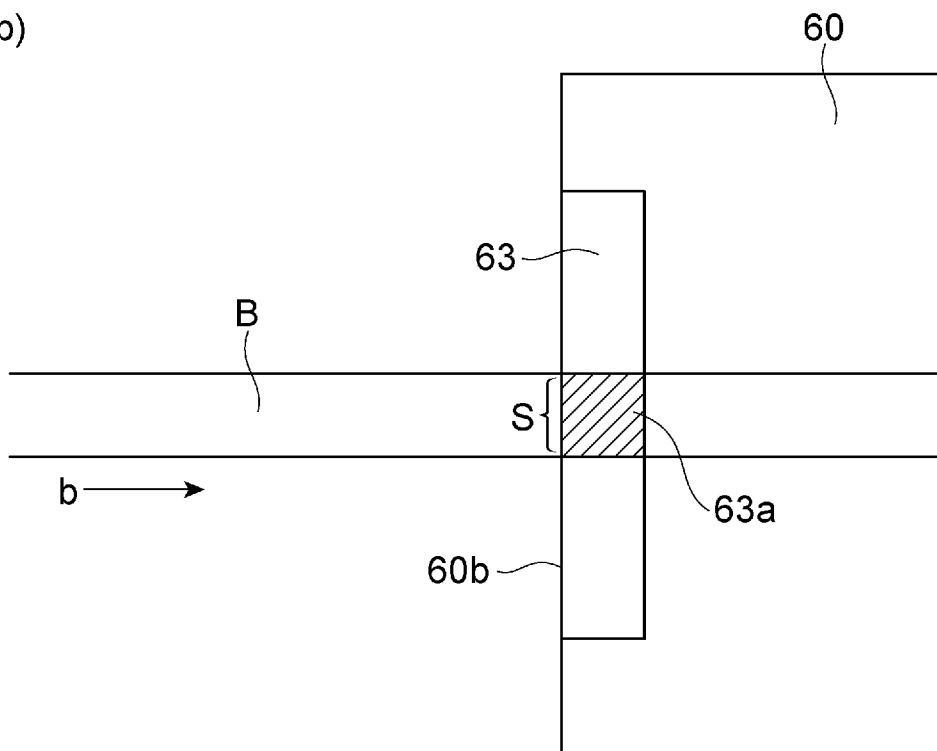


[図23]

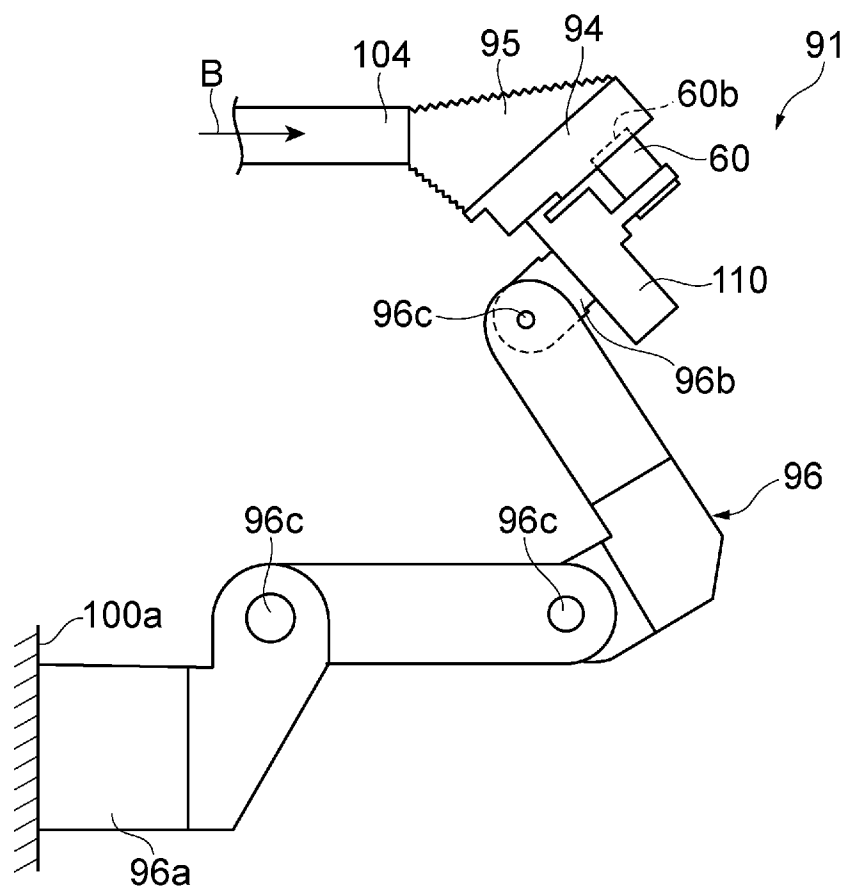
(a)



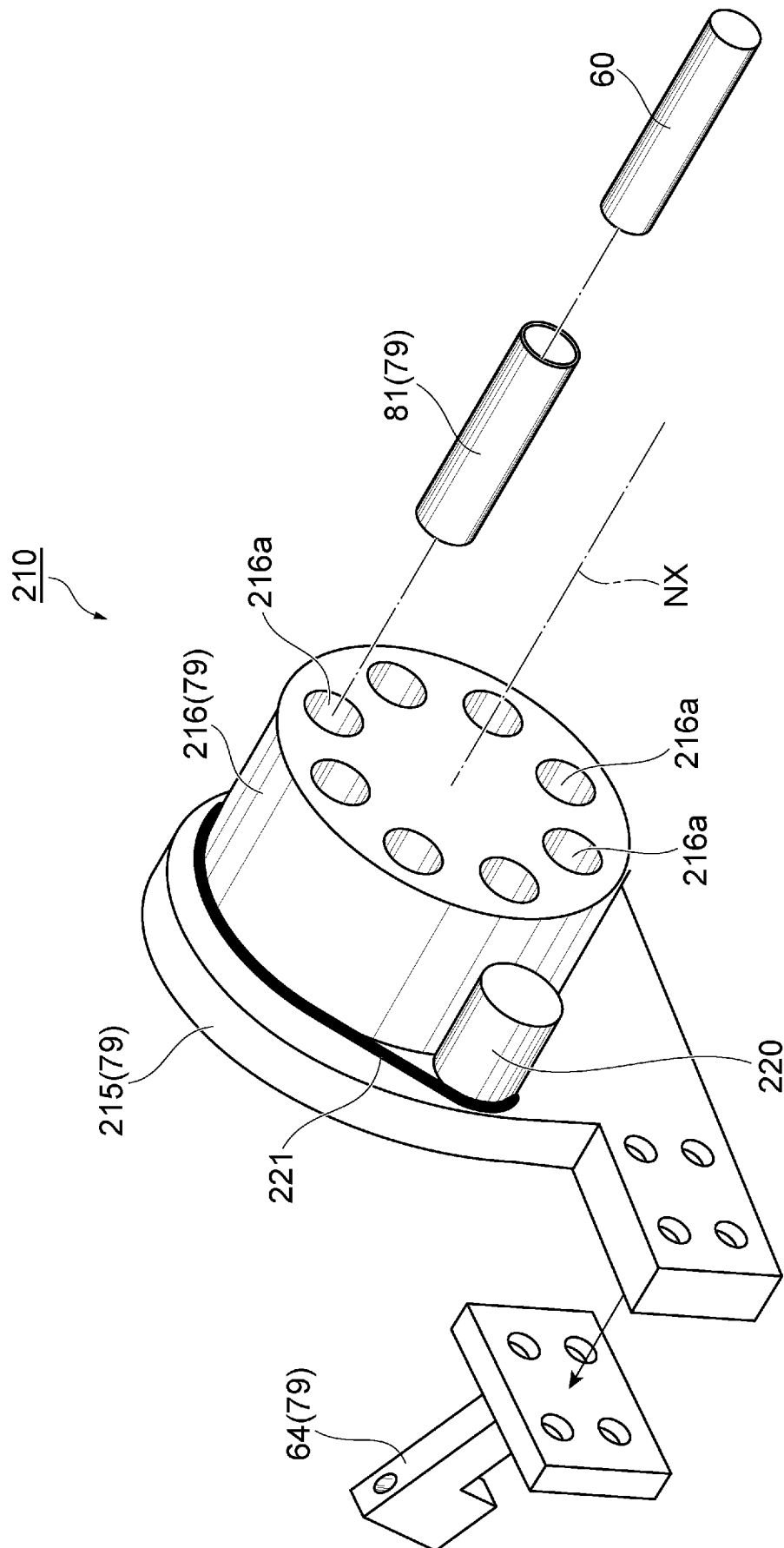
(b)



(a)



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/046174

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G21G 1/10**(2006.01)i; **G21K 5/08**(2006.01)i

FI: G21G1/10; G21K5/08 R

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)

G21G1/10; G21K5/08

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.
X	JP 2000-105300 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 11 April 2000 (2000-04-11) paragraphs [0018], [0020]-[0025], fig. 1-3	1, 9-10, 12
A		2-8, 11
A	JP 2005-24466 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 27 January 2005 (2005-01-27)	1-12
A	JP 2007-047096 A (HITACHI, LTD.) 22 February 2007 (2007-02-22)	1-12
A	JP 2018-190711 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 29 November 2018 (2018-11-29)	1-12
A	JP 2018-524589 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 30 August 2018 (2018-08-30)	1-12
A	JP 57-142600 A (JAPAN STEEL WORKS LTD) 03 September 1982 (1982-09-03)	1-12

☐ 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

“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

15 February 2024

Date of mailing of the international search report

27 February 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/JP2023/046174

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2000-105300	A	11 April 2000	US 6433495 B1 column 2, lines 18-24, column 2, line 45 to column 3, line 40, fig. 1-3 WO 2000/019787 A1	
JP	2005-24466	A	27 January 2005	(Family: none)	
JP	2007-047096	A	22 February 2007	(Family: none)	
JP	2018-190711	A	29 November 2018	US 2018/0322972 A1 CN 108811294 A	
JP	2018-524589	A	30 August 2018	US 2017/0004898 A1 WO 2017/003563 A1 CN 107736082 A	
JP	57-142600	A	03 September 1982	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G21G 1/10(2006.01)i; G21K 5/08(2006.01)i FI: G21G1/10; G21K5/08 R		
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）） G21G1/10; G21K5/08 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
X A	JP 2000-105300 A（住友重機械工業株式会社）11.04.2000（2000 - 04 - 11） 段落[0018], [0020]-[0025], 図1-3	1, 9-10, 12 2-8, 11
A	JP 2005-24466 A（住友重機械工業株式会社）27.01.2005（2005 - 01 - 27）	1-12
A	JP 2007-047096 A（株式会社日立製作所）22.02.2007（2007 - 02 - 22）	1-12
A	JP 2018-190711 A（ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ）29.11.2018（2018 - 11 - 29）	1-12
A	JP 2018-524589 A（ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ）30.08.2018（2018 - 08 - 30）	1-12
A	JP 57-142600 A（株式会社日本製鋼所）03.09.1982（1982 - 09 - 03）	1-12
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ 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、一般的技术水準を示すもの “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 15. 02. 2024	国際調査報告の発送日 27. 02. 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） 小林 幹 2G 1132 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	

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/JP2023/046174

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2000-105300	A	11.04.2000	US 6433495 B1 第2欄第18-24行, 第2欄第45 行-第3欄第40行, 図1-3 WO 2000/019787 A1	
JP	2005-24466	A	27.01.2005	(ファミリーなし)	
JP	2007-047096	A	22.02.2007	(ファミリーなし)	
JP	2018-190711	A	29.11.2018	US 2018/0322972 A1 CN 108811294 A	
JP	2018-524589	A	30.08.2018	US 2017/0004898 A1 WO 2017/003563 A1 CN 107736082 A	
JP	57-142600	A	03.09.1982	(ファミリーなし)	