

(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
2017 年 1 月 5 日(05.01.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/002389 A1

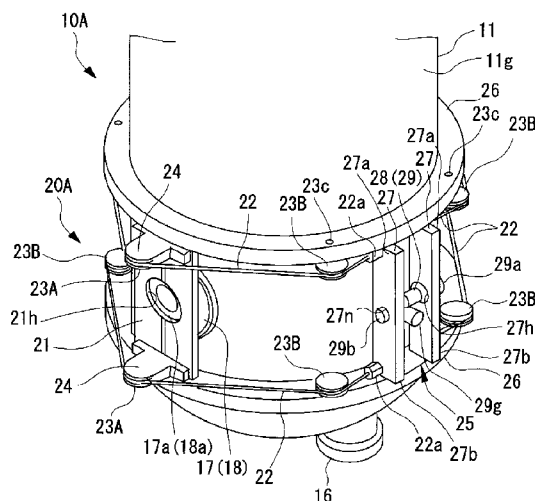
- (51) 国際特許分類:
H05H 9/00 (2006.01) *H05H 7/22* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/054710
- (22) 国際出願日: 2016 年 2 月 18 日(18.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-131089 2015 年 6 月 30 日(30.06.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業メカトロシステムズ株式会社
(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES MECHATRONICS SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒6520863 兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目 4 番 2 2 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 原 博史(HARA Hiroshi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 仙入 克也(SENRYU Katsuya); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 森 隆一郎, 外(MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: SUPERCONDUCTING ACCELERATOR

(54) 発明の名称: 超伝導加速器

[図2]



(57) Abstract: This superconducting accelerator comprises: an accelerating cavity that forms a space in which a charged particle beam is accelerated in a superconducting state; and a refrigerant vessel (11) that is disposed on the outer peripheral side of the acceleration cavity and in which a refrigerant for cooling the accelerating cavity is filled in a gap to the accelerating cavity. The superconducting accelerator further comprises a pair of pressing members (21) that are provided on the outer peripheral section of the refrigerant vessel (11) and are respectively provided to both end sections of the charged particle beam in the beam axis direction in the acceleration cavity or to both end sections in a direction orthogonal to the beam axis direction. The superconducting accelerator further comprises: a wire (22) that is continuously provided on the outer peripheral section of the refrigerant vessel (11) and that generates tension in a direction that brings the pair of pressing members (21) closer to each other; and a tension adjustment part (25) that adjusts the tension generated by the wire (22).

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

超伝導加速器は、超伝導状態で荷電粒子ビームを加速する空間を形成する加速空洞と、加速空洞の外周側に配置され、加速空洞との隙間に加速空洞を冷却する冷媒が充填される冷媒槽 (11) と、を備える。超伝導加速器は、冷媒槽 (11) の外周部に設けられ、加速空洞における荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、またはビーム軸方向に直交する方向の両端部にそれぞれ設けられた一対の押圧部材 (21) を更に備える。超伝導加速器は、冷媒槽 (11) の外周部に連続して設けられ、一対の押圧部材 (21) 同士を接近させる方向の張力を発生するワイヤー (22) と、ワイヤー (22) で発生する張力を調整する張力調整部 (25) を更に備える。

明 細 書

発明の名称：超伝導加速器

技術分野

[0001] この発明は、超伝導加速器に関する。

本願は、2015年6月30日に、日本に出願された特願2015-131089号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 電子や陽子などの荷電粒子を、超伝導加速空洞を用いて加速する超伝導加速器が知られている。超伝導加速器は、超伝導材料で形成された超伝導加速空洞を、液体ヘリウム等の冷媒で冷却することによって超伝導化する。これによって、超伝導加速空洞の電気抵抗がほぼゼロとなり、電力損失なく、荷電粒子の加速を効率良く行うことができる。

[0003] このような超伝導加速器においては、超伝導加速空洞において荷電粒子を加速する高周波電場を形成するギャップの長さを調整することで、超伝導加速空洞の共振周波数調整を行う。

[0004] 特許文献1には、超伝導加速空洞を収容する冷媒槽の軸方向の長さを、冷媒槽に設けられた二つのフランジ間の距離を伸縮させることで調整する構成が開示されている。この構成においては、二つのフランジのそれぞれに密着させた座板同士の間、テーパ面を有したクサビ状のナットを設け、ボルトによってナットを座板の表面に沿って移動させることで、座板同士の間隔を調整する。

[0005] 超伝導加速空洞の冷媒槽の径方向両側に、冷媒槽の直径よりも長いビーム部材をそれぞれ設け、これらビーム部材の両端部同士を、冷媒槽の径方向両側でネジ部材等によって連結した構成の共振周波数調整手法も提案されている。この構成によれば、ネジ部材によってビーム部材同士の間隔を増減させることによって、超伝導加速空洞を変形させて粒子通路の長さを変え、超伝導加速空洞の共振周波調整を行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2012-028090号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述した共振周波数調整手法は、二つの座板の間に設けたクサビ状のナットを、座板の表面に沿って移動させることによって冷媒槽全体の軸方向長さを変動させる。そのため、座板やナットには大きな力が作用する。したがって、座板やナットを強固なものとしなければならない。すると、座板やナットが大型化し、超伝導加速器の高コスト化、大型化に繋がる。座板やナットの周囲に他の機器等を設ける場合、座板やナットと、他の機器とが干渉しないようにレイアウトしなければならず、その作業に手間がかかる。

[0008] 冷媒槽の両端に設けたビーム同士の間隔をネジ部材によって増減させる構成においては、ネジ部材によってビーム同士の間隔を増減させると、ビームに曲げモーメントが作用する。この曲げモーメントに抗するためには、ビームを強固なものとしなければならず、その結果、特許文献1に開示された構成と同様、超伝導加速器の高コスト化、大型化、他の機器との干渉を避けるためのレイアウト作業の手間増大等に繋がる。

この発明は、超伝導加速空洞の共振周波数調整を確実に行うことができ、しかも、低コスト化、超伝導加速器の小型化、レイアウト作業の手間軽減を図ることができる超伝導加速器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

[0009] この発明の第一態様によれば、超伝導加速器は、超伝導状態で荷電粒子ビームを加速する空間を形成する加速空洞と、前記加速空洞の外周側に配置され、前記加速空洞との隙間に前記加速空洞を冷却する冷媒が充填される冷媒槽と、を備える。この超伝導加速器は、前記冷媒槽の外周部に設けられ、前記加速空洞における前記荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、または前

記ビーム軸方向に直交する方向の両端部にそれぞれ設けられた一对の押圧部材を更に備える。この超伝導加速器は、前記冷媒槽の外周部に連続して設けられ、一对の前記押圧部材同士を接近させる方向の張力を発生する張力部材と、前記張力部材で発生する前記張力を調整する張力調整部と、を更に備える。

[0010] このように構成することで、張力調整部により張力部材で張力を発生すると、一对の押圧部材同士が互いに接近する。これによって、加速空洞における荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、または加速空洞におけるビーム軸方向に直交する方向の両端部が押圧される。すると、加速空洞が変形して荷電粒子の粒子流路の長さが変わるので、加速空洞の共振周波数を調整することができる。

さらに、加速空洞の共振周波数を調整するための機構は、押圧部材と、張力部材と、張力調整部とからなるので、簡易な構成で済む。

さらに、張力部材を、冷媒槽の外周部に連続して設けるので、押圧部材は、加速空洞から側方に突出する寸法を最小限に抑え、少なくとも加速空洞を押圧する部位に設ければよい。したがって、共振周波数を調整する部材が、加速空洞や冷媒槽の外周側に大きく張り出すのを抑えることができる。

[0011] この発明の第二態様によれば、超伝導加速器は、第一態様の前記張力部材がワイヤーであり、前記冷媒槽の外周部に周方向に間隔を空けて、前記ワイヤーが掛止される複数の滑車を備えるようにしてもよい。

このように構成することで、張力調整部によりワイヤーを引っ張れば、一对の押圧部材で加速空洞における荷電粒子ビームの粒子流路の長さを調整することができる。ワイヤーは、冷媒槽の外周部に設けた複数の滑車に係止することで、冷媒槽と干渉することなく、冷媒槽の外周部に沿うように設けることができる。

[0012] この発明の第三態様によれば、超伝導加速器は、第二態様の前記冷媒槽の外周部に、前記冷媒槽の外周部から外周側に突出し、前記滑車を回転自在に支持する支持凸部が設けられているようにしてもよい。

このように構成することで、滑車を冷媒槽の外周側に設けることができる。これによって、ワイヤーを、冷媒槽に干渉しないように、冷媒槽の外周部に連続して配置することができる。

さらに、滑車を、冷媒槽の外周部に設けられた支持凸部で支持することで、冷媒槽だけで滑車を支持する強度を確保する必要性がなくなる。これによって、冷媒槽の薄肉化を図り、冷媒槽の軽量化、熱容量の縮小化を図ることができる。

[0013] この発明の第四態様によれば、超伝導加速器は、第三態様において、前記支持凸部が、前記冷媒槽の前記外周部に沿って、周方向に連続して形成されているようにしてもよい。

このように構成することで、滑車を支持する支持凸部の強度を高めることができる。これによって、冷媒槽の薄肉化による軽量化、熱容量の縮小化を、より一層効果的に図ることができる。

[0014] この発明の第五態様によれば、超伝導加速器は、第二から第四態様の何れか一つの態様において、前記押圧部材に、前記滑車が設けられているようにしてもよい。

このように構成することで、張力部材の張力が、滑車を介し、加速空洞の押圧部位に配置された押圧部材に直接作用する。これによって、押圧部材で加速空洞を効率よく押圧することができる。さらに、押圧部材を、加速空洞の押圧部位のみに突き当たるように設ければよく、押圧部材の小型化を図ることができる。

[0015] この発明の第六態様によれば、超伝導加速器は、超伝導状態で荷電粒子ビームを加速する空間を形成する加速空洞と、前記加速空洞の外周側に配置され、前記加速空洞との隙間に前記加速空洞を冷却する冷媒が充填される冷媒槽と、を備える。超伝導加速器は、前記冷媒槽の外周部に設けられ、前記加速空洞における前記荷電粒子ビームのビーム軸方向の両方の端部、または前記ビーム軸方向に直交する方向の両端部にそれぞれ配され、前記冷媒槽の外周部に設けられた支持軸回りに揺動自在に支持されるとともに、第一端部が

前記端部に対向して設けられた一对のアームを更に備える。超伝導加速器は、一对の前記アームの第二端部同士を離間させる方向に変位させることによって、前記アームの前記第一端部で前記端部を押圧させるアーム変位部を更に備える。

このように構成することで、アーム変位部により、一对のアームの第二端部同士を離間させると、それぞれのアームが、支持軸回りに揺動し、アームの第一端部が、加速空洞における荷電粒子ビームのビーム軸方向の端部、またはビーム軸方向に直交する方向の端部を押圧する。これによって、加速空洞における荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、またはビーム軸方向に直交する方向の両端部が押圧され、加速空洞が変形して荷電粒子の粒子流路の長さが変わるので、加速空洞の共振周波数を調整することができる。

加速空洞の共振周波数を調整するための機構は、アームと、支持軸と、アーム変位部とからなるので、簡易な構成で済む。

さらに、アームは、冷媒槽の外周部に沿って加速空洞を押圧する部位に設ければよく、共振周波数を調整する部材が、加速空洞や冷媒槽の外周側に大きく張り出すのを抑えることができる。

[0016] この発明の第七態様によれば、超伝導加速器は、第六態様において、前記アームが、前記加速空洞における前記荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、または前記ビーム軸方向に直交する方向の両端部のそれぞれに対し、前記冷媒槽の周方向の両側に延びるようにしてもよい。

このように構成することで、加速空洞のビーム軸方向の端部、または加速空洞のビーム軸方向に直交する方向の端部のそれぞれを、周方向両側に設けられたアームによって均等に押圧することができる。

[0017] この発明の第八態様によれば、超伝導加速器は、第六又は第七態様において、前記冷媒槽の外周部に、前記冷媒槽の外周部から外周側に突出し、前記支持軸を支持する支持凸部が設けられているようにしてもよい。

このように構成することで、冷媒槽の薄肉化を図りつつ、支持軸を支持する支持凸部の強度を確保することができる。

[0018] この発明の第九態様によれば、超伝導加速器は、第八態様において、前記支持凸部が、前記冷媒槽の前記外周部に沿って周方向に連続して形成されているようにしてもよい。

このように構成することで、滑車を支持する支持凸部の強度を高めることができる。

発明の効果

[0019] 上述した超伝導加速器によれば、超伝導加速空洞の共振周波数調整を確実に行うことができ、しかも、低コスト化、超伝導加速器の小型化、レイアウト作業の手間軽減を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]第一実施形態の超伝導加速器の構成を示す立断面図である。

[図2]上記超伝導加速器に備えた共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図3]上記共振周波数調整機構の平断面図である。

[図4]上記超伝導加速器の第一実施形態の第一変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図5]上記超伝導加速器の第一実施形態の第二変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図6]第二実施形態の超伝導加速器に備えた共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図7]上記共振周波数調整機構の平断面図である。

[図8]上記超伝導加速器の第二実施形態の第一変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図9]上記超伝導加速器の第二実施形態の第二変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図10]上記超伝導加速器の第二実施形態の第三変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図11]上記超伝導加速器の第二実施形態の第四変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図12]上記超伝導加速器の第二実施形態の第五変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

[図13]冷媒槽に備えたフランジ部の変形例を示す斜視図である。

[図14]冷媒槽に備えた支持凸部の例を示す斜視図である。

[図15]上記共振周波数調整機構を適用できる超伝導加速器の他の例を示す斜視図である。

[図16]上記共振周波数調整機構を適用できる超伝導加速器の他の例を示す斜視図である。

[図17]上記超伝導加速器への共振周波数調整機構の設置例を示す図である。

[図18]上記共振周波数調整機構を適用できる超伝導加速器の他の例を示す側面図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、この発明の実施形態に係る超伝導加速器を図面に基づき説明する。
(第一実施形態)

図1は、この実施形態の超伝導加速器の構成を示す立断面図である。図2は、上記超伝導加速器に備えた共振周波数調整機構を示す斜視図である。図3は、上記共振周波数調整機構の平断面図である。

図1に示すように、この実施形態の超伝導加速器10Aは、例えば、同軸1/4波長型超伝導加速器(QWR:Quarter Wave Resonator)であり、冷媒が充填される冷媒槽11内に、電子や陽子などの荷電粒子からなる荷電粒子ビームBを加速する加速空洞12を備える。

[0022] 冷媒槽11は、上下方向に延びる中心軸Cを有した円柱状の真空容器であり、その上端面11aおよび下端面11bは閉塞されている。この冷媒槽11は、外部からの地磁気や輻射熱の影響を低減するシールド層を備えていてもよい。

[0023] 加速空洞12は、ニオブ等の超伝導材料から形成され、上下方向に連続する中空チャンバ状をなしている。この加速空洞12は、冷媒槽11の内周面11fとの間に隙間Sが形成される。

加速空洞 12 は、外周面 12 f の下部に、円形断面のビーム導入管 17 およびビーム導出管 18 を備えている。ビーム導入管 17、ビーム導出管 18 は、冷媒槽 11 の中心軸 C に直交する径方向で互いに対向する位置に設けられている。ビーム導入管 17 およびビーム導出管 18 は、それぞれ加速空洞 12 の外周面 12 f から径方向外方に向かって延び、冷媒槽 11 を貫通して冷媒槽 11 の径方向外方に突出している。

[0024] 加速空洞 12 は、冷媒槽 11 の中心軸 C に沿って上下方向に延びるよう形成されたステム 13 を備える。ステム 13 は、加速空洞 12 の上端部から下方に向かって凹み、上方から下方に向かってその内径が漸次縮小している。ステム 13 の下端部には、ステム 13 に連続して環状に形成された環状流路 13 c が一体に形成されている。この環状流路 13 c の内方には、加速空洞 12 のビーム導入管 17 およびビーム導出管 18 と同軸上に、ビーム流通管部 19 が形成されている。

[0025] 加速空洞 12 は、その上端部に、冷媒槽 11 の上端面 11 a を貫通し、中空の加速空洞 12 内に連通する接続口 15 を備えている。この接続口 15 を通し、真空ポンプ等により真空引きすることで、加速空洞 12 内を真空状態にすることができる。

[0026] 加速空洞 12 は、その下端部に、入力結合部 16 を備えている。この入力結合部 16 から、高周波の電力を入力することで、加速空洞 12 内の空間 A には、荷電粒子ビーム B を加速する電界が発生する。

[0027] 図 1 に示すように、冷媒槽 11 は、上端面 11 a に形成され、冷媒槽 11 内に冷媒を供給する冷媒供給口 14 を備えている。この冷媒供給口 14 から送り込まれる冷媒は、冷媒槽 11 の内周面 11 f と加速空洞 12 の外周面 12 f との間の隙間 S と、ステム 13 および環状流路 13 c 内とに送り込まれる。ここで、冷媒としては、液体ヘリウム等を用いることができる。

[0028] このような超伝導加速器 10 A においては、冷媒槽 11 内に送り込んだ冷媒によって加速空洞 12 が冷却され、超伝導状態とされる。荷電粒子ビーム B は、加速空洞 12 の径方向における第一の側に設けられたビーム導入管 1

7から加速空洞12内に入り、ステム13の下端部に設けられた環状流路13cの内方に形成されたビーム流通管部19を経て、加速空洞12の径方向における第二の側に設けられたビーム導出管18から加速空洞12外に送り出される。

[0029] このような超伝導加速器10Aは、荷電粒子ビームBの粒子流路に沿って複数個が接続される。互いに隣接する超伝導加速器10A同士は、一方の超伝導加速器10Aの加速空洞12に形成されたビーム導入管17と、他方の超伝導加速器10Aの加速空洞12に形成されたビーム導出管18とを、接続管（図示無し）等を介して連結される。

[0030] 図1、図2に示すように、冷媒槽11の外周面11gには、フランジ部26が形成されている。フランジ部26は、ビーム導入管17の端部17aおよびビーム導出管18の端部18aの上方と、下方とにそれぞれ形成されている。これらフランジ部26は、それぞれ冷媒槽11の外周面11gから径方向外方に突出するように形成されている。この実施形態において、フランジ部26は、冷媒槽11の外周面11gに沿って周方向に連続する環状に形成されている。

[0031] 各超伝導加速器10Aは、共振周波数調整機構20Aを備えている。共振周波数調整機構20Aは、ビーム導入管17の端部17aとビーム導出管18の端部18aとの間隔、ひいてはビーム加速ギャップGを調整することで、加速空洞12の共振周波数調整を行う。

図2、図3に示すように、共振周波数調整機構20Aは、押圧部材21と、ワイヤー（張力部材）22と、滑車23A、23Bと、張力調整部25と、を備えている。

[0032] 押圧部材21は、冷媒槽11の外周部において冷媒槽11の径方向で互いに対向する位置に設けられている。言い換えれば、押圧部材21は、冷媒槽11を挟んで対称な位置に二枚一対で設けられている。この実施形態では、押圧部材21は、上下2つのフランジ部（支持凸部）26の間に位置し、ビーム導入管17の端部17a、ビーム導出管18の端部18aにそれぞれ当

接する。

押圧部材 21 は、矩形板状で、ビーム導入管 17、ビーム導出管 18 に連通する開口部 21 h が中央部に形成されて、開口部 21 h を中心として冷媒槽 11 の周方向に二分割されている。

押圧部材 21 は、冷媒槽 11 の中心軸 C 方向の高さ寸法が、ビーム導入管 17、ビーム導出管 18 の外径よりも大きい。これによって、押圧部材 21 の上端部 21 a および下端部 21 b は、ビーム導入管 17、ビーム導出管 18 の上下に張り出している。さらに、押圧部材 21 は、荷電粒子ビーム B のビーム進行方向と冷媒槽 11 の中心軸 C とに直交する方向の幅寸法が、高さ寸法よりも小さい。

[0033] ワイヤー 22 は、冷媒槽 11 の外周部において、周方向に連続するよう設けられている。ワイヤー 22 は、上下のフランジ部 26 の間で、冷媒槽 11 の中心軸 C 方向の上下に間隔を空けて二本一対で設けられている。一方のワイヤー 22 は、ビーム導入管 17 の端部 17 a およびビーム導出管 18 の端部 18 a の上方に配され、他方のワイヤー 22 は、ビーム導入管 17 の端部 17 a およびビーム導出管 18 の端部 18 a の下方に配されている。これら二本のワイヤー 22 は、冷媒槽 11 の外周部において、複数の滑車 23 A、23 B に掛け回され、冷媒槽 11 の周方向のほぼ半周にわたって連続するよう設けられている。

[0034] 滑車 23 A、23 B は、冷媒槽 11 の外周部に、周方向に間隔を空けて複数個が設けられている。これら複数の滑車 23 A、23 B は、ビーム導入管 17 の端部 17 a およびビーム導出管 18 の端部 18 a の上方と、下方とに、それぞれ配されている。

滑車 23 A は、各押圧部材 21 の上端部、下端部にそれぞれ設けられたブラケット 24 に、冷媒槽 11 の中心軸 C と平行な軸回りに回動自在に支持されている。ブラケット 24 は、押圧部材 21 から冷媒槽 11 の径方向外方に向かって突出するよう形成されている。

滑車 23 B は、冷媒槽 11 の周方向において、冷媒槽 11 の径方向におけ

る第一の側に配された滑車 23 A と、第二の側に配された滑車 23 A との間に配置されている。この実施形態では、滑車 23 B は、冷媒槽 11 の径方向における第一の側に配された滑車 23 A と、第二の側に配された滑車 23 A との間に、冷媒槽 11 の周方向に間隔を空けて 2 個が設けられている。

各滑車 23 B は、上方のフランジ部 26 の下部、または下方のフランジ部 26 の上部に設けられている。各滑車 23 B は、フランジ部 26 に設けられた冷媒槽 11 の中心軸 C に平行な回転軸 23 c 回りに、回動自在に設けられている。

[0035] 張力調整部 25 は、冷媒槽 11 の周方向において互いに間隔を空けて対向配置された一对のケーブル保持プレート 27 と、これらケーブル保持プレート 27 の間隔を調整する間隔調整部材 28 と、を備えている。

[0036] 各ケーブル保持プレート 27 には、その上端部 27 a および下端部 27 b に、上下のワイヤー 22 の端部 22 a が固定されている。

[0037] 間隔調整部材 28 は、例えばボルト 29 を用いることができる。ボルト 29 は、その頭部 29 a に近い側が一方のケーブル保持プレート 27 に形成されたネジ挿通孔 27 h に挿通され、雄ネジ部が形成された軸部 29 b が孔 27 n にねじ込まれている。ボルト 29 を、図示しないモータの駆動軸に設けられたウォームギヤ 29 g によって軸回りに回転させることで、互に対向するケーブル保持プレート 27 同士が接近および離間する。これらケーブル保持プレート 27 の接近および離間によって、上下のワイヤー 22 に作用する張力が調整される。

[0038] 図 3 に示すように、間隔調整部材 28 に、 piezo 素子等の圧電素子 29 P を用いることができる。この実施形態では、張力調整部 25 は、冷媒槽 11 の径方向両側にそれぞれ設けられ、一方の張力調整部 25 の間隔調整部材 28 にボルト 29 を用い、他方の張力調整部 25 の間隔調整部材 28 に圧電素子 29 P を用いる。これにより、一方の張力調整部 25 の間隔調整部材 28 でボルト 29 を回転させることで、ワイヤー 22 の張力の粗調整を行い、他方の張力調整部 25 の間隔調整部材 28 で圧電素子を駆動することでワイヤ

ー 2 2 の張力の微調整を行うことができる。

[0039] このような構成において、張力調整部 2 5 でケーブル保持プレート 2 7 の間隔を調整することによって、ワイヤー 2 2 に作用する張力を大きくすれば、ワイヤー 2 2 の張力が滑車 2 3 A を介して押圧部材 2 1 に伝達される。具体的には、2 つのケーブル保持プレート 2 7 の間隔を狭めれば、ワイヤー 2 2 の張力により、冷媒槽 1 1 の径方向において互いに対向する押圧部材 2 1 同士が接近し、ビーム導入管 1 7 の端部 1 7 a、ビーム導出管 1 8 の端部 1 8 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧することができる。ワイヤー 2 2 が張力を発揮している状態で、ケーブル保持プレート 2 7 の間隔を広げれば、ワイヤー 2 2 の張力が低くなって互いに対向する押圧部材 2 1 同士が離間し、ビーム導入管 1 7 の端部 1 7 a、ビーム導出管 1 8 の端部 1 8 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧する力が弱まる。このようにして、ビーム導入管 1 7 の端部 1 7 a とビーム導出管 1 8 の端部 1 8 a との間隔、ひいてはビーム加速ギャップ G を調整することができる。

[0040] 上記したような構成に加え、共振周波数調整機構 2 0 A の周囲に、防護カバー等の安全対策工を設置してもよい。

[0041] したがって、上述した第一実施形態の超伝導加速器 1 0 A によれば、ワイヤー 2 2 で張力を発生すると、一对の押圧部材 2 1 同士が互いに接近する。これによって、加速空洞 1 2 における荷電粒子ビーム B の粒子流路方向の両端部が押圧され、加速空洞 1 2 が変形して荷電粒子ビーム B の粒子流路の長さが変わるので、加速空洞 1 2 の共振周波数を調整することができる。

さらに、加速空洞 1 2 の共振周波数を調整するための機構は、押圧部材 2 1 と、ワイヤー 2 2 と、張力調整部 2 5 とからなるので、簡易な構成で済む。

さらに、ワイヤー 2 2 を、冷媒槽 1 1 の外周部に連続して設けるので、押圧部材 2 1 は、加速空洞 1 2 から側方に突出する寸法を抑え、少なくとも加速空洞 1 2 を押圧する部位であるビーム導入管 1 7 の端部 1 7 a とビーム導出管 1 8 の端部 1 8 a とに設ければよい。したがって、共振周波数を調整す

る部材が、加速空洞 1 2 や冷媒槽 1 1 の外周側に大きく張り出すのを抑えることができる。

このような超伝導加速器 1 0 によれば、加速空洞 1 2 の共振周波数調整を確実に行うことができ、しかも、低コスト化、超伝導加速器の小型化、レイアウト作業の手間軽減を図ることができる。

[0042] さらに、張力調整部 2 5 によりワイヤー 2 2 を引っ張れば、一对の押圧部材 2 1 で加速空洞 1 2 における荷電粒子ビーム B の粒子流路の長さを調整することができ、共振周波数調整を容易かつ確実に行うことができる。

[0043] 冷媒槽 1 1 の外周部に、滑車 2 3 B を回転自在に支持するフランジ部 2 6 が設けられている。このように構成することで、ワイヤー 2 2 を、冷媒槽 1 1 に干渉しないように、冷媒槽 1 1 の外周部に連続して配置することができる。

さらに、滑車 2 3 A, 2 3 B を、冷媒槽 1 1 の外周部に設けられたフランジ部 2 6 で支持することで、冷媒槽 1 1 だけで滑車 2 3 A, 2 3 B を支持する強度を確保する必要がなくなる。これによって、冷媒槽 1 1 の薄肉化を図り、冷媒槽 1 1 の軽量化、熱容量の縮小化を図ることができる。

[0044] さらに、フランジ部 2 6 は、冷媒槽 1 1 の外周部に沿って、周方向に連続して形成されている。このようにフランジ部 2 6 を環状に形成することで、滑車 2 3 A, 2 3 B を支持するフランジ部 2 6 の強度を高めることができ、冷媒槽 1 1 を効果的に補強することができる。

[0045] さらに、押圧部材 2 1 に、滑車 2 3 A, 2 3 B が設けられている。このように構成することで、ワイヤー 2 2 の張力が、滑車 2 3 A, 2 3 B を介し、加速空洞 1 2 の押圧部位に配置された押圧部材 2 1 に直接作用する。これによって、押圧部材 2 1 によって、加速空洞 1 2 を効率よく押圧することができる。

[0046] (第一実施形態の変形例)

第一実施形態では、上下のワイヤー 2 2 を、ケーブル保持プレート 2 7 の上端部 2 7 a と下端部 2 7 b にそれぞれ固定するようにしたが、これに限る

ものではない。

(第一変形例)

図4は、上記超伝導加速器の第一実施形態の第一変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

この図4に示すように、上下のワイヤー22を連続した一本のワイヤー22Aとし、その中間部22mをケーブル保持プレート27に固定、または滑車(図示無し)を介して掛止してもよい。このようにすることで、上下のワイヤー22に、均等に張力を作用させることができる。

[0047] (第二変形例)

さらに、上記第一実施形態では、ケーブル保持プレート27同士の間隔を調整する間隔調整部材28として、1つのボルト29または圧電素子(図示無し)を用いるようにしたが、これに限るものではない。

図5は、上記超伝導加速器の第一実施形態の第二変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

この図5に示すように、ケーブル保持プレート27同士の間隔を調整する間隔調整部材28として、複数本(例えば2つ)のボルト29または圧電素子(図示無し)を、上下に間隔を空けて設けるようにしてもよい。これによって、ケーブル保持プレート27同士の間隔を、より安定して調整することができる。ケーブル保持プレート27同士の間隔を、上下で異ならせ、上下のワイヤー22に作用させる張力を個別に調整することもできる。

[0048] (第二実施形態)

次に、この発明にかかる超伝導加速器の第二実施形態について説明する。以下に説明する第二実施形態においては、第一実施形態と共振周波数調整機構20Bの構成のみが異なり、超伝導加速器10A自体の構成は共通であるので、第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複説明を省略する。

[0049] 図6は、第二実施形態の超伝導加速器に備えた共振周波数調整機構を示す斜視図である。図7は、上記共振周波数調整機構の平断面図である。

図6に示すように、この実施形態における超伝導加速器10Bは、ビーム導入管17の端部17aおよびビーム導出管18の端部18aの上方と、下方とに、それぞれ冷媒槽11の外周面11gから径方向外方に突出するフランジ部26を備えている。

[0050] 図6、図7に示すように、超伝導加速器10Bは、共振周波数調整機構20Bを備えている。共振周波数調整機構20Bは、ビーム導入管17の端部17aとビーム導出管18の端部18aとの間隔、ひいてはビーム加速ギャップG（図1参照）を調整することで、加速空洞12の共振周波数調整を行う。

共振周波数調整機構20Bは、押圧部材31と、アーム変位部35Aと、を備えている。

[0051] 押圧部材31は、冷媒槽11の外周部において冷媒槽11の径方向で互いに対向する位置にそれぞれ設けられている。押圧部材31は、上下のフランジ部26の間において、ビーム導入管17の端部17a、ビーム導出管18の端部18aにそれぞれに対し、冷媒槽11の周方向両側に設けられたアーム32Aを備えている。

[0052] 各アーム32Aは、冷媒槽11の周方向に連続して外周面11gに沿うように延び、第一端部32aと第二端部32bとの中間部32cが、上下のフランジ部26間に設けられたシャフト（支持軸）33回りに揺動自在に設けられている。

このアーム32Aは、第一端部32aが、ビーム導入管17の端部17a、ビーム導出管18の端部18aに対し、ビーム導入管17、ビーム導出管18の軸線方向で突き当たる。

[0053] アーム変位部35Aは、プッシュアーム37Aと、ビーム導入管17側のプッシュアーム37Aと、ビーム導出管18側のプッシュアーム37Aとの間隔を調整する間隔調整部材38と、を有する。

[0054] プッシュアーム37Aは、第一端部37sがアーム32Aの第二端部32bに、ピン37pを介して冷媒槽11の中心軸C（図1参照）と平行な軸回

りに回転自在に連結されている。プッシュアーム 37 A の第二端部 37 t には、冷媒槽 11 の外周面 11 g から冷媒槽 11 の径方向外方に向かって突出するブラケット部 37 d が形成されている。ビーム導入管 17 側のプッシュアーム 37 A とビーム導出管 18 側のプッシュアーム 37 A とは、ブラケット部 37 d 同士が、冷媒槽 11 の周方向において互いに間隔を空けて対向している。

[0055] 間隔調整部材 38 は、例えばボルト 39 を用いることができる。ボルト 39 を軸回りに回転させることで、ビーム導入管 17 側のプッシュアーム 37 A のブラケット部 37 d と、ビーム導出管 18 側のプッシュアーム 37 A のブラケット部 37 d とが接近および離間する。

ここで、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a のそれぞれにおいて、周方向両側に位置するアーム 32 A の動作は、通常、同期される。これには、冷媒槽 11 の径方向両側に設けられた間隔調整部材 38 において、ボルト 39 の動作を同期させる。

[0056] 間隔調整部材 38 により、互に対向するプッシュアーム 37 A のブラケット部 37 d 同士が接近および離間すると、ビーム導入管 17 に近い側、ビーム導出管 18 に近い側のそれぞれにおいて、プッシュアーム 37 A が冷媒槽 11 の外周面 11 g の接線方向に沿ってスライド移動する。これによって、プッシュアーム 37 A の第一端部 37 s がアーム 32 A の第二端部 32 b を変位させ、各アーム 32 A が、シャフト 33 回りに揺動する。

詳しくは、プッシュアーム 37 A のブラケット部 37 d 同士が互いに離間すると、各アーム 32 A においては、第二端部 32 b が、プッシュアーム 37 A の第一端部 37 s に押圧される。すると、アーム 32 A は、シャフト 33 回りに揺動し、第一端部 32 a が冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に変位し、これによって、第一端部 32 a がビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧する。

さらに、間隔調整部材 38 により、プッシュアーム 37 A のブラケット部

３７ｄ同士を互いに接近させると、各アーム３２Ａにおいては、第二端部３２ｂが、プッシュアーム３７Ａの第一端部３７ｓに引っ張られる。すると、アーム３２Ａは、シャフト３３回りに揺動し、第一端部３２ａが冷媒槽１１の外周面１１ｇから離間する方向に変位し、ビーム導入管１７の端部１７ａ、ビーム導出管１８の端部１８ａを、荷電粒子ビームＢの粒子流路方向に沿って押圧する力が弱まる。

このようにして、ビーム導入管１７の端部１７ａとビーム導出管１８の端部１８ａとの間隔、ひいてはビーム加速ギャップＧを調整することができる。

[0057] ここで、間隔調整部材３８は、ボルト３９と同軸に、圧電素子等の圧電素子を用いることができる。これにより、ボルト３９を回転させることで、アーム３２Ａの粗調整を行い、圧電素子を駆動することでアーム３２Ａの微調整を行うことができる。

[0058] 上記したような構成に加え、第一実施形態と同様に、共振周波数調整機構２０Ｂの周囲に、防護カバー等の安全対策工を設置してもよい。

[0059] したがって、上述した第二実施形態の超伝導加速器１０Ｂによれば、アーム変位部３５Ａにより、一对のプッシュアーム３７Ａ同士を離間させると、それぞれのアーム３２Ａが、シャフト３３回りに揺動する。これによって、アーム３２Ａの第一端部３２ａにより、加速空洞１２における荷電粒子ビームＢの粒子流路方向の端部であるビーム導入管１７の端部１７ａ、ビーム導出管１８の端部１８ａが押圧される。すると、加速空洞１２が変形して荷電粒子の粒子流路の長さが変わるので、加速空洞１２の共振周波数を調整することができる。

さらに、加速空洞１２の共振周波数を調整するための機構は、アーム３２Ａと、シャフト３３と、アーム変位部３５Ａとからなるので、簡易な構成で済む。

さらに、アーム３２Ａは、冷媒槽１１の外周部に沿って加速空洞１２を押圧する部位に設ければよく、共振周波数を調整する部材が、加速空洞１２や

冷媒槽 11 の外周側に大きく張り出すのを抑えることができる。

このような超伝導加速器 10 によれば、加速空洞 12 の共振周波数調整を確実に行うことができ、しかも、低コスト化、超伝導加速器の小型化、レイアウト作業の手間軽減を図ることができる。

[0060] アーム 32A が、加速空洞 12 における荷電粒子ビーム B の粒子流路方向の両端部であるビーム導入管 17 の端部 17a、ビーム導出管 18 の端部 18a のそれぞれに対し、冷媒槽 11 の周方向両側に設けられている。このように構成することで、ビーム導入管 17 の端部 17a、ビーム導出管 18 の端部 18a のそれぞれを、周方向両側に設けられたアーム 32A によって均等に押圧することができる。

[0061] さらに、冷媒槽 11 の外周部に、シャフト 33 を支持するフランジ部 26 が設けられている。これにより、冷媒槽 11 の薄肉化を図りつつ、シャフト 33 を支持するフランジ部 26 の強度を高めることができる。

[0062] (第二実施形態の第一変形例)

第二実施形態では、プッシュアーム 37A を、第一端部 37s がアーム 32A の第二端部 32b に、ピン 37p を介して回動自在に連結するようにしたが、これに限るものではない。

図 8 は、上記超伝導加速器の第二実施形態の第一変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

図 8 に示すように、この第二実施形態の第一変形例における共振周波数調整機構 20B の押圧部材 31 を構成する各アーム 32B は、冷媒槽 11 の周方向に連続して外周面 11g に沿うように延びている。これらアーム 32B は、第一端部 32a と第二端部 32b との中間部 32c が、上下のフランジ部 26 間に設けられたシャフト 33 回りに揺動自在に設けられている。

この変形例において、アーム 32B の第二端部 32b は、平面視円弧状の凹面とされている。

[0063] アーム変位部 35A は、プッシュアーム 37B と、ビーム導入管 17 側のプッシュアーム 37B と、ビーム導出管 18 側のプッシュアーム 37B との

間隔を調整する間隔調整部材 38 と、を有する。

[0064] プッシュアーム 37 B は、第一端部 37 v が平面視円弧状をなした凸面とされ、アーム 32 B の第二端部 32 b の凹面に摺動可能とされている。プッシュアーム 37 B の第二端部 37 w には、冷媒槽 11 の外周面 11 g から冷媒槽 11 の径方向外方に向かって突出するブラケット部 37 d が形成されている。

[0065] 間隔調整部材 38 により、互いに対向するプッシュアーム 37 B のブラケット部 37 d 同士が互いに離間すると、各アーム 32 B においては、第二端部 32 b が、プッシュアーム 37 B の第一端部 37 v に押圧されて変位する。すると、アーム 32 B は、第二端部 32 b が第一端部 37 v に対して摺動しながらシャフト 33 回りに揺動し、第一端部 32 a が冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に変位する。これによって、第一端部 32 a がビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧する。

このようにして、ビーム導入管 17 の端部 17 a とビーム導出管 18 の端部 18 a との間隔、ひいてはビーム加速ギャップ G を調整することができる。

[0066] (第二実施形態の第二変形例)

第二実施形態およびその第一変形例では、プッシュアーム 37 A、38 B によって、アーム 32 A、32 B を回動させるようにしたが、これに限るものではない。

図 9 は、上記超伝導加速器の第二実施形態の第二変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

図 9 に示すように、この第二実施形態の第二変形例における共振周波数調整機構 20 B は、押圧部材 31 と、アーム変位部 35 A と、を備えている。

[0067] 共振周波数調整機構 20 B の押圧部材 31 を構成する各アーム 32 C は、冷媒槽 11 の周方向に連続して外周面 11 g に沿うように延び、第一端部 32 a と第二端部 32 e との中間部 32 c が、上下のフランジ部 26 間に設け

られたシャフト 33 回りに揺動自在に設けられている。

このアーム 32 C は、第一端部 32 a が、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a に対し、ビーム導入管 17、ビーム導出管 18 の軸線方向で突き当たる。

各アーム 32 C は、第二端部 32 e に、冷媒槽 11 の外周面 11 g から冷媒槽 11 の径方向外方に向かって突出するブラケット部 32 d を有している。

ビーム導入管 17 側のアーム 32 C とビーム導出管 18 側のアーム 32 C とは、ブラケット部 32 d 同士が、冷媒槽 11 の周方向において互いに間隔を空けて対向している。

[0068] アーム変位部 35 A は、ビーム導入管 17 側のアーム 32 C のブラケット部 32 d と、ビーム導出管 18 側のアーム 32 C のブラケット部 32 d との間隔を調整する間隔調整部材 38 とを有する。間隔調整部材 38 は、例えばボルト 39 を用いることができる。ボルト 39 を軸回りに回転させることで、互いに対向するアーム 32 C のブラケット部 32 d 同士が接近および離間する。

[0069] 間隔調整部材 38 により、互いに対向するアーム 32 C のブラケット部 32 d 同士が接近および離間すると、各アーム 32 C は、シャフト 33 回りに揺動する。

詳しくは、アーム 32 C のブラケット部 32 d 同士が互いに離間すると、各アーム 32 C においては、第二端部 32 e が、冷媒槽 11 の外周面 11 g から離間する方向に変位する。すると、アーム 32 C は、シャフト 33 回りに揺動し、第一端部 32 a が冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に変位し、これによって、第一端部 32 a がビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧する。

さらに、間隔調整部材 38 により、アーム 32 C のブラケット部 32 d 同士を互いに接近させると、各アーム 32 C においては、第二端部 32 e が、

冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に変位する。すると、アーム 32 C は、シャフト 33 回りに揺動し、第一端部 32 a が冷媒槽 11 の外周面 11 g から離間する方向に変位し、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧する力が弱まる。

このようにして、ビーム導入管 17 の端部 17 a とビーム導出管 18 の端部 18 a との間隔、ひいてはビーム加速ギャップ G を調整することができる。

[0070] (第二実施形態の第三変形例)

第二実施形態では、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a のそれぞれにおいて、周方向両側にアーム 32 A を設けるようにしたが、これに限るものではない。

[0071] 図 10 は、上記超伝導加速器の第二実施形態の第三変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

この図 10 に示すように、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a のそれぞれにおいて、周方向両側にアーム 32 A を設け、これらアーム 32 A の第一端部 32 a 同士を、可撓性を有した押圧プレート 40 A によって連結してもよい。押圧プレート 40 A には、荷電粒子ビーム B の流路ととなる開口部 40 H が形成されている。

[0072] このような構成によれば、冷媒槽 11 の径方向両側に設けられた間隔調整部材 38 において、それぞれボルト 39 を回転させることによって、プッシュアーム 37 A を変位させ、アーム 32 A を揺動させる。すると、アーム 32 A の第一端部 32 a の変位にともなって、押圧プレート 40 A が撓む。詳しくは、アーム 32 A がシャフト 33 回りに揺動し、第一端部 32 a が冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に変位する。すると、押圧プレート 40 A は、両端部 40 a、40 a に対し、中央部 40 b が冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に突出するように撓み、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に

沿って押圧する。

[0073] さらに、間隔調整部材 38 により、アーム 32 A がシャフト 33 回りに揺動し、第一端部 32 a が冷媒槽 11 の外周面 11 g から離間する方向に変位すると、押圧プレート 40 A の撓み量が減り、押圧プレート 40 A の中央部 40 b が冷媒槽 11 の外周面 11 g から離間する方向に変位する。これによって、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧する力が弱まる。

このようにして、ビーム導入管 17 の端部 17 a とビーム導出管 18 の端部 18 a との間隔、ひいてはビーム加速ギャップ G を調整することができる。

[0074] (第二実施形態の第四変形例)

第二実施形態の第三変形例では、アーム 32 A の第一端部 32 a 同士を押圧プレート 40 A によって連結し、押圧プレート 40 A の中央部 40 b が冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に突出させるように撓ませる構成としたが、これに限るものではない。

[0075] 図 11 は、上記超伝導加速器の第二実施形態の第四変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

この図 11 に示すように、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a のそれぞれにおいて、周方向両側にアーム 32 A を設け、これらアーム 32 A の第一端部 32 a 同士の間に、可撓性を有した押圧プレート 40 B を設けてもよい。

[0076] このような構成によれば、冷媒槽 11 の径方向両側に設けられた間隔調整部材 38 において、それぞれボルト 39 を回転させることによって、アーム 32 A の第一端部 32 a が冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に変位する。これによって、押圧プレート 40 B は、両端部 40 s が、中央部 40 b に対し、冷媒槽 11 の外周面 11 g に接近する方向に突出するように撓み、ビーム導入管 17 の端部 17 a、ビーム導出管 18 の端部 18 a を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に沿って押圧する。

[0077] (第二実施形態の第五変形例)

第二実施形態の第三、第四変形例では、押圧プレート40A、押圧プレート40Bを撓ませることで、ビーム導入管17の端部17a、ビーム導出管18の端部18aを押圧するようにしたが、これに限るものではない。

[0078] 図12は、上記超伝導加速器の第二実施形態の第五変形例における共振周波数調整機構を示す斜視図である。

この図12に示すように、ビーム導入管17の端部17a、ビーム導出管18の端部18aのそれぞれにおいて、周方向両側にアーム32Aを設け、これらアーム32Aの第一端部32a同士の間、連結プレート40Cを設けてもよい。この連結プレート40Cは、両端部40sがヒンジピン40pを介してアーム32Aの第一端部32aに回動自在に連結されている。

[0079] このような構成によれば、冷媒槽11の径方向両側に設けられた間隔調整部材38において、それぞれボルト39を回転させることによって、アーム32Aの第一端部32aが冷媒槽11の外周面11gに接近する方向に変位する。これによって、連結プレート40Cは、両端部40sがアーム32Aの第一端部32aとともに変位し、ビーム導入管17の端部17a、ビーム導出管18の端部18aを、荷電粒子ビームBの粒子流路方向に沿って押圧する。

[0080] (その他の変形例)

この発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、この発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上述した実施形態に種々の変更を加えたものを含む。すなわち、実施形態で挙げた具体的な形状や構成等は一例にすぎず、適宜変更が可能である。

例えば、上記第一、第二実施形態においては、共振周波数調整機構20A、20Bの上下にフランジ部26を備えるようにし、各フランジ部26は、冷媒槽11の周方向の全周にわたって連続するものとしたがこれに限らない。

図13は、冷媒槽に備えたフランジ部の変形例を示す斜視図である。図1

4 は、冷媒槽に備えた支持凸部の例を示す斜視図である。

図 1 3 に示すように、フランジ部（支持凸部）2 6' は、周方向の一部のみに設けてもよい。さらに、図 1 4 に示すように、支持凸部 2 6'' は、冷媒槽 1 1 の周方向に間隔を空けて間欠的に設け、滑車 2 3 B やシャフト 3 3 を支持する部分にのみ、ブロック状に設けてもよい。

このような、図 1 3、図 1 4 に示した冷媒槽 1 1 に対しても、上記第一、第二実施形態で示した共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B を備えることができる。

[0081] さらに、上記第一、第二実施形態においては、共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B を、同軸 1 / 4 波長型の超伝導加速器 1 0 A、1 0 B に備えるようにしたが、これに限らない。

図 1 5 に示すように、1 / 2 波長型の超伝導加速器 1 0 C にも、同様に、加速空洞 1 2 C の、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向両端部を挟み込むように、共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B を設けることができる。

[0082] さらに、図 1 6、図 1 7 に示すように、スポーク型の超伝導加速器 1 0 D においても、同様に、加速空洞 1 2 D の、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向両端部を挟み込むように、共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B を設けることができる。

さらに、図 1 7 中に二点鎖線で示すように、スポーク型の超伝導加速器 1 0 D の場合、加速空洞 1 2 D の、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向両端部を挟み込むように、共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B で押圧するのではなく、加速空洞 1 2 D を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に直交する径方向両端部で押圧するように、共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B を設けてもよい。さらに、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に直交する径方向両端部から押圧する共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B と、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向両端部の両方から押圧する共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B と、を併用するようにしても良い。

[0083] さらに、図 1 8 に示すように、荷電粒子ビーム B のビーム軸方向において

縮径と拡径とを繰り返す加速空洞 1 2 E を有した超伝導加速器 1 0 D においても、加速空洞 1 2 E の各セル 1 2 c を、荷電粒子ビーム B の粒子流路方向に直交する径方向両端部で挟み込むように押圧する、共振周波数調整機構 2 0 A、2 0 B を設けてもよい。

符号の説明

- [0084] 1 0 A ～ 1 0 D 超伝導加速器
- 1 1 冷媒槽
 - 1 1 a 上端面
 - 1 1 b 下端面
 - 1 1 f 内周面
 - 1 1 g 外周面
 - 1 2、1 2 C、1 2 D、1 2 E 加速空洞
 - 1 2 c セル
 - 1 2 f 外周面
 - 1 3 ステム
 - 1 3 c 環状流路
 - 1 4 冷媒供給口
 - 1 5 接続口
 - 1 6 入力結合部
 - 1 7 ビーム導入管
 - 1 7 a 端部
 - 1 8 ビーム導出管
 - 1 8 a 端部
 - 1 9 ビーム流通管部
 - 2 0 A、2 0 B 共振周波数調整機構
 - 2 1 押圧部材
 - 2 1 a 上端部
 - 2 1 b 下端部

- 2 1 h 開口部
- 2 2 ワイヤー（張力部材）
- 2 2 A ワイヤー
- 2 2 a 端部
- 2 3 A、2 3 B 滑車
- 2 3 c 回転軸
- 2 4 ブラケット
- 2 5 張力調整部
- 2 6、2 6' フランジ部（支持凸部）
- 2 6'' 支持凸部
- 2 7 ケーブル保持プレート
- 2 7 a 上端部
- 2 7 b 下端部
- 2 7 h ネジ挿通孔
- 2 7 n 孔
- 2 8 間隔調整部材
- 2 9 ボルト
- 2 9 a 頭部
- 2 9 b 軸部
- 2 9 g ウォームギヤ
- 2 9 P 圧電素子
- 3 1 押圧部材
- 3 2 A、3 2 B、3 2 C アーム
- 3 2 a 第一端部
- 3 2 b 第二端部
- 3 2 c 中間部
- 3 2 d ブラケット部
- 3 2 e 第二端部

- 33 シャフト（支持軸）
- 35A アーム変位部
- 37A、37B プッシュアーム
- 37d ブラケット部
- 37p ピン
- 37s 第一端部
- 37t 第二端部
- 37v 第一端部
- 37w 第二端部
- 38 間隔調整部材
- 39 ボルト
- 39g ウォームギヤ
- 40A 押圧プレート
- 40B 押圧プレート
- 40C 連結プレート
- 40a 端部
- 40b 中央部
- 40p ヒンジピン
- 40s 両端部
- A 空間
- B 荷電粒子ビーム
- C 中心軸
- G ビーム加速ギャップ
- S 隙間

請求の範囲

- [請求項1] 超伝導状態で荷電粒子ビームを加速する空間を形成する加速空洞と、
前記加速空洞の外周側に配置され、前記加速空洞との隙間に前記加速空洞を冷却する冷媒が充填される冷媒槽と、
前記冷媒槽の外周部に設けられ、前記加速空洞における前記荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、または前記ビーム軸方向に直交する方向の両端部にそれぞれ設けられた一対の押圧部材と、
前記冷媒槽の外周部に連続して設けられ、一対の前記押圧部材同士を接近させる方向の張力を発生する張力部材と、
前記張力部材で発生する前記張力を調整する張力調整部と、
を備える超伝導加速器。
- [請求項2] 前記張力部材はワイヤーであり、
前記冷媒槽の外周部に周方向に間隔を空けて、前記ワイヤーが掛止される複数の滑車を備える請求項1に記載の超伝導加速器。
- [請求項3] 前記冷媒槽の外周部に、前記冷媒槽の外周部から外周側に突出し、前記滑車を回転自在に支持する支持凸部が設けられている請求項2に記載の超伝導加速器。
- [請求項4] 前記支持凸部は、前記冷媒槽の前記外周部に沿って、周方向に連続して形成されている請求項3に記載の超伝導加速器。
- [請求項5] 前記押圧部材に、前記滑車が設けられている請求項2から4の何れか一項に記載の超伝導加速器。
- [請求項6] 超伝導状態で荷電粒子ビームを加速する空間を形成する加速空洞と、
前記加速空洞の外周側に配置され、前記加速空洞との隙間に前記加速空洞を冷却する冷媒が充填される冷媒槽と、
前記冷媒槽の外周部に設けられ、前記加速空洞における前記荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、または前記ビーム軸方向に直交す

る方向の両方の端部にそれぞれ配され、前記冷媒槽の外周部に設けられた支持軸回りに揺動自在に支持されるとともに、第一端部が前記端部に対向して設けられた一对のアームと、

一对の前記アームの第二端部同士を離間させる方向に変位させることによって、前記アームの前記第一端部で前記端部を押圧させるアーム変位部と、

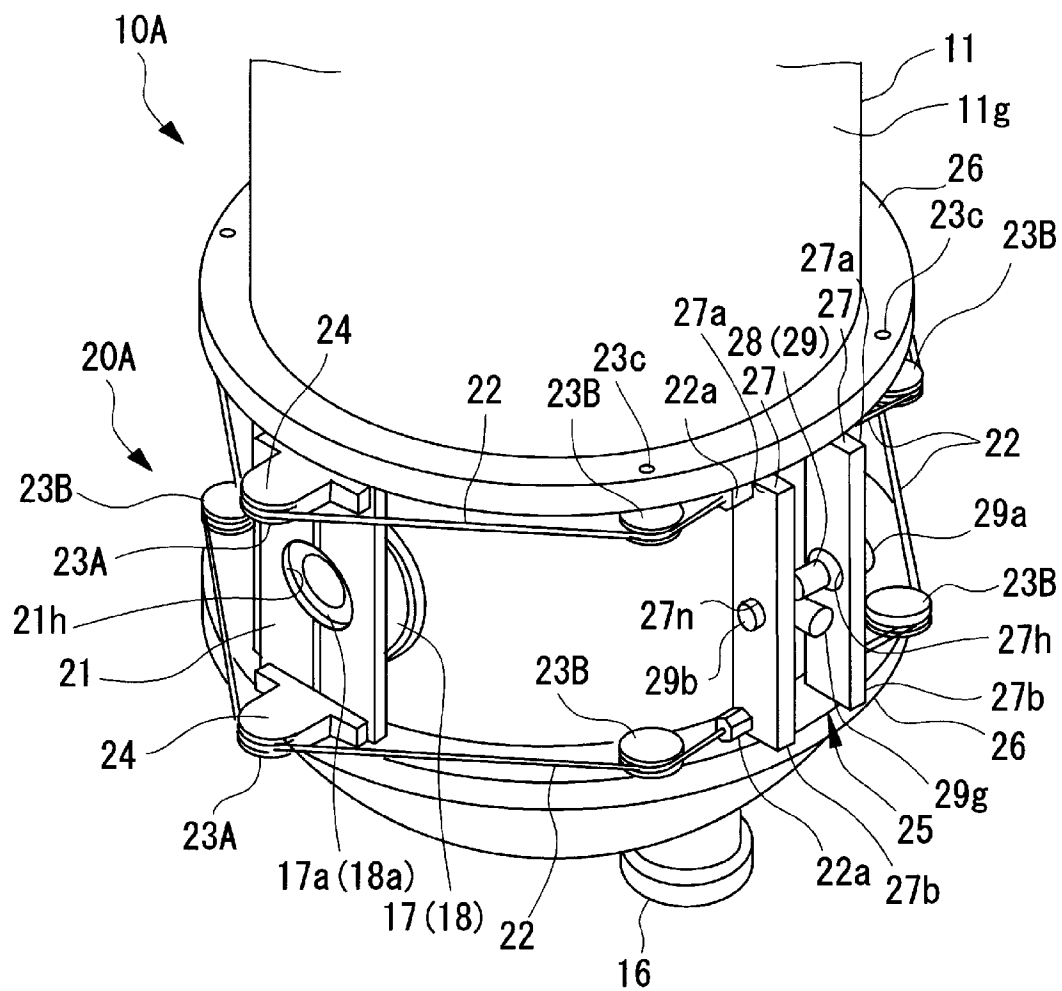
を備える超伝導加速器。

[請求項7] 前記アームは、前記加速空洞における前記荷電粒子ビームのビーム軸方向の両端部、または、前記ビーム軸方向に直交する方向の両端部から、前記冷媒槽の周方向の両側に延びる請求項6に記載の超伝導加速器。

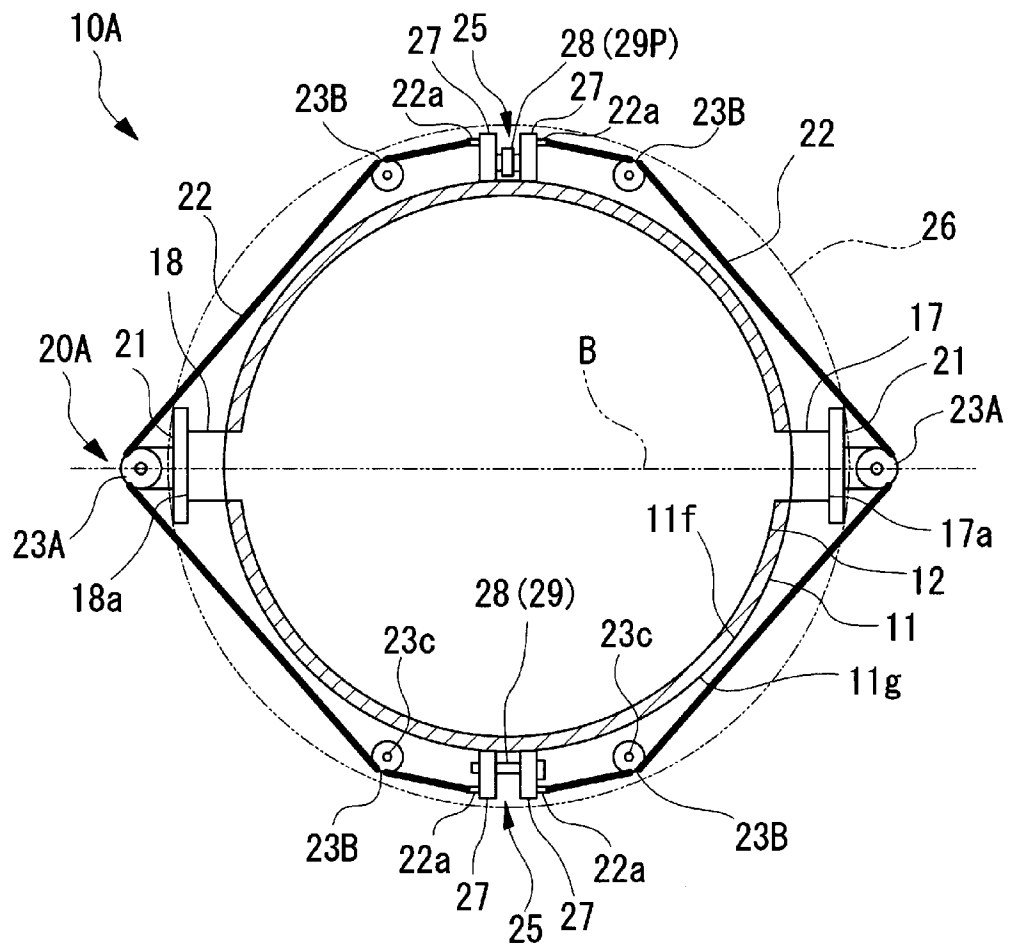
[請求項8] 前記冷媒槽の外周部に、前記冷媒槽の外周部から外周側に突出し、前記支持軸を支持する支持凸部が設けられている請求項6又は7に記載の超伝導加速器。

[請求項9] 前記支持凸部は、前記冷媒槽の前記外周部に沿って、周方向に連続して形成されている請求項8に記載の超伝導加速器。

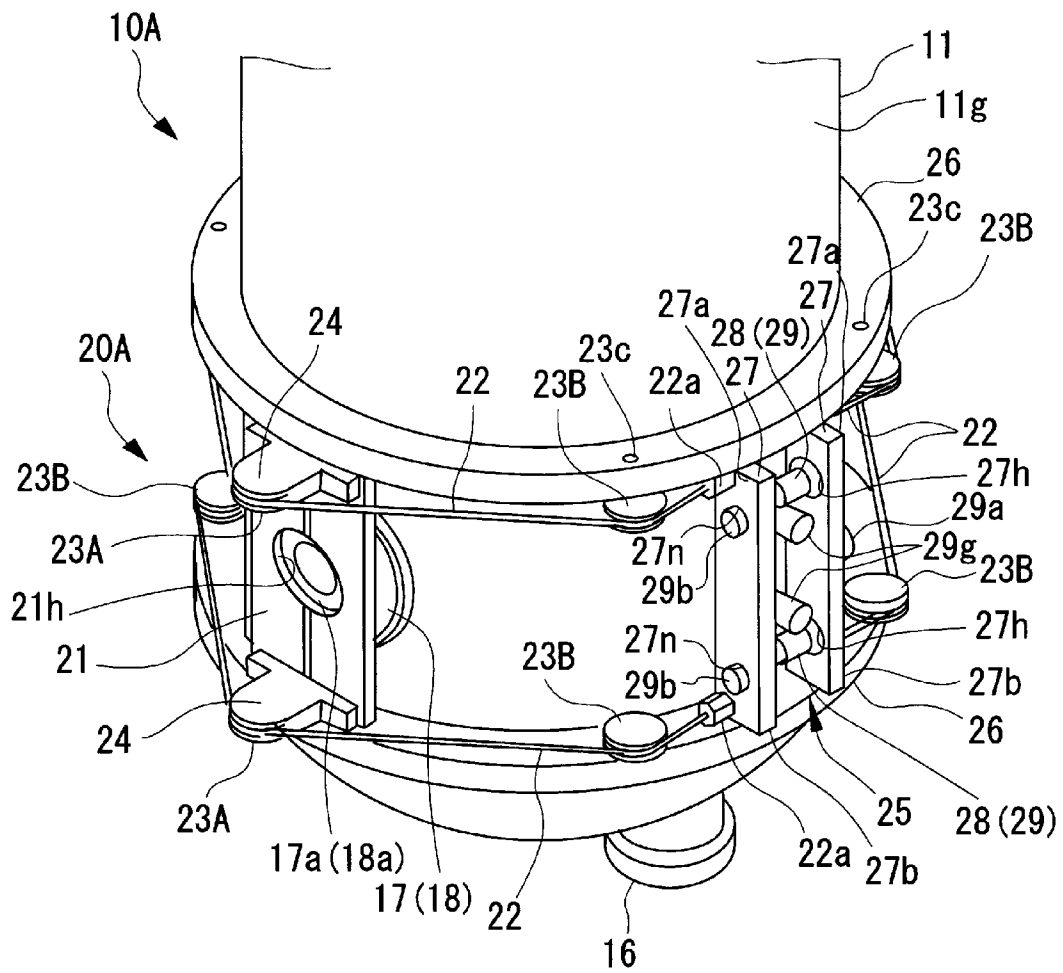
[図2]



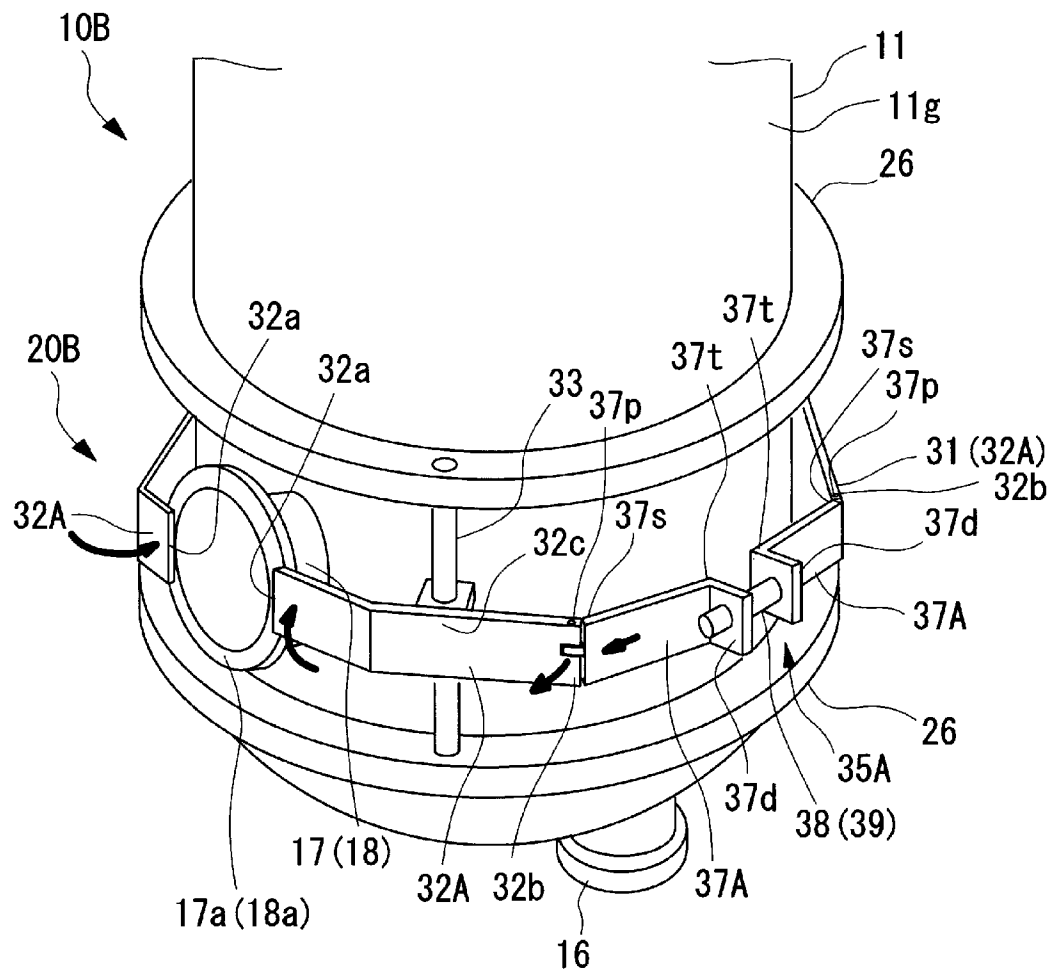
[図3]



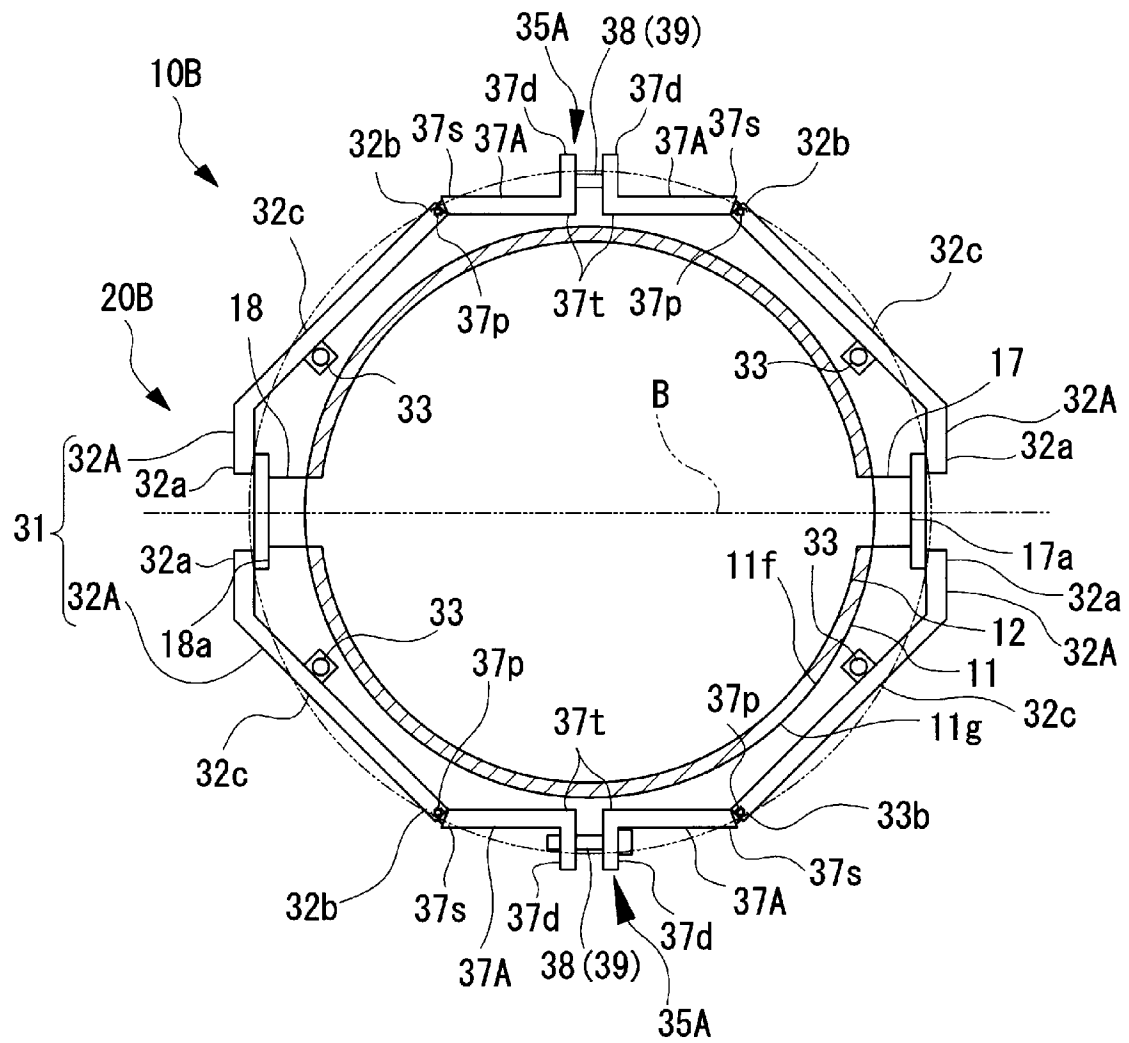
[図5]



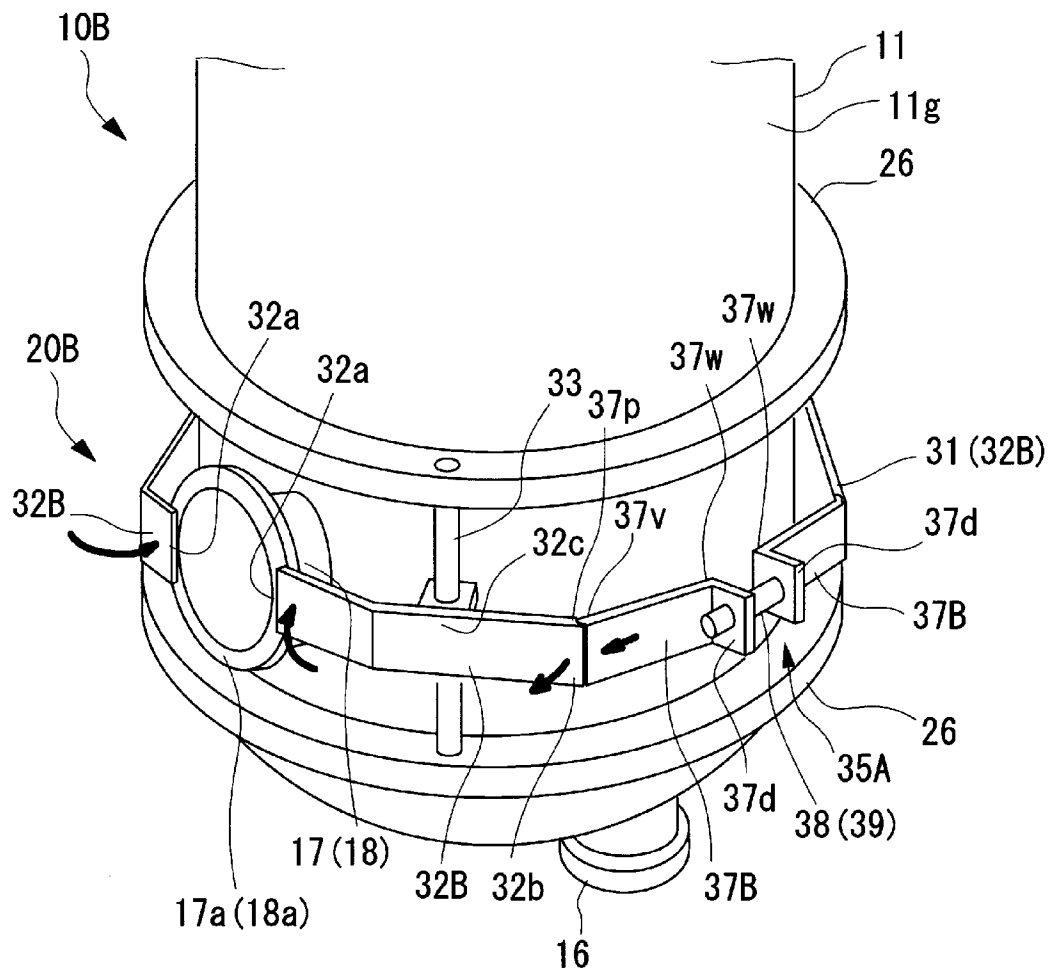
[図6]



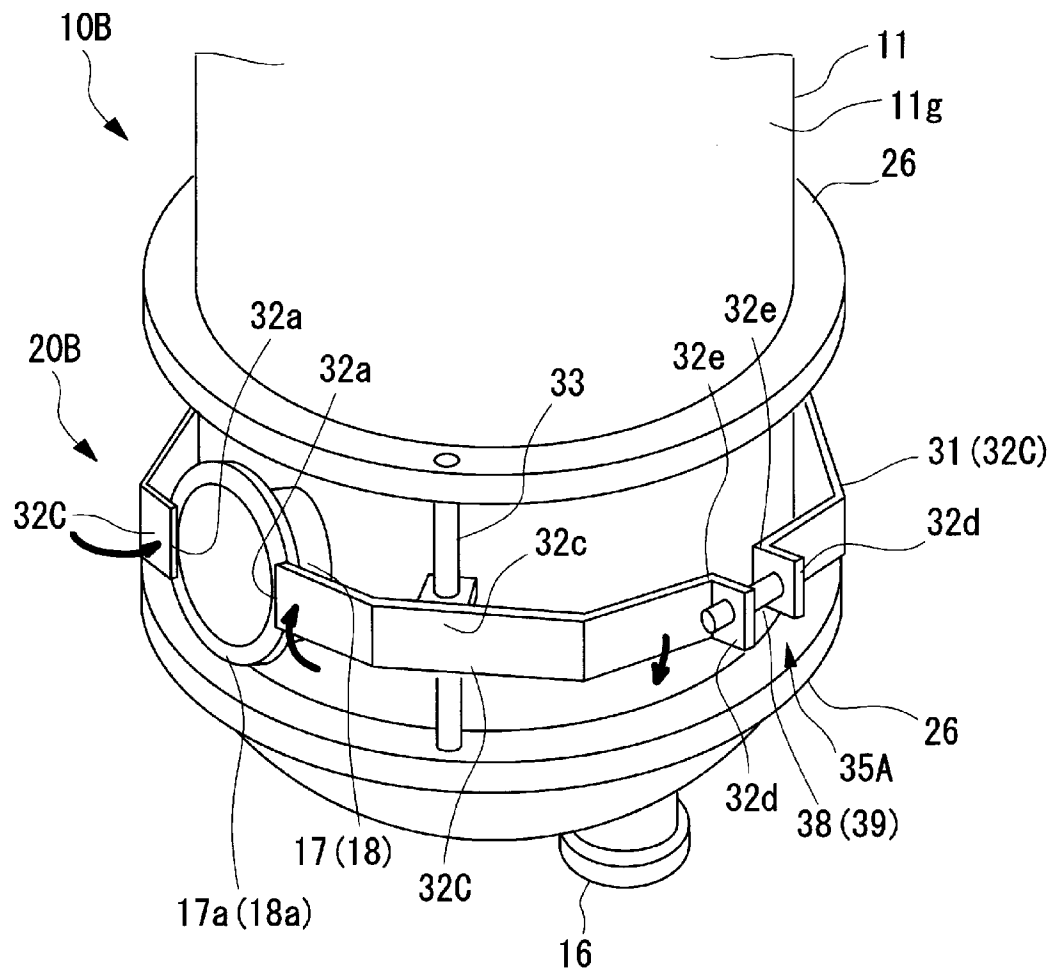
[図7]



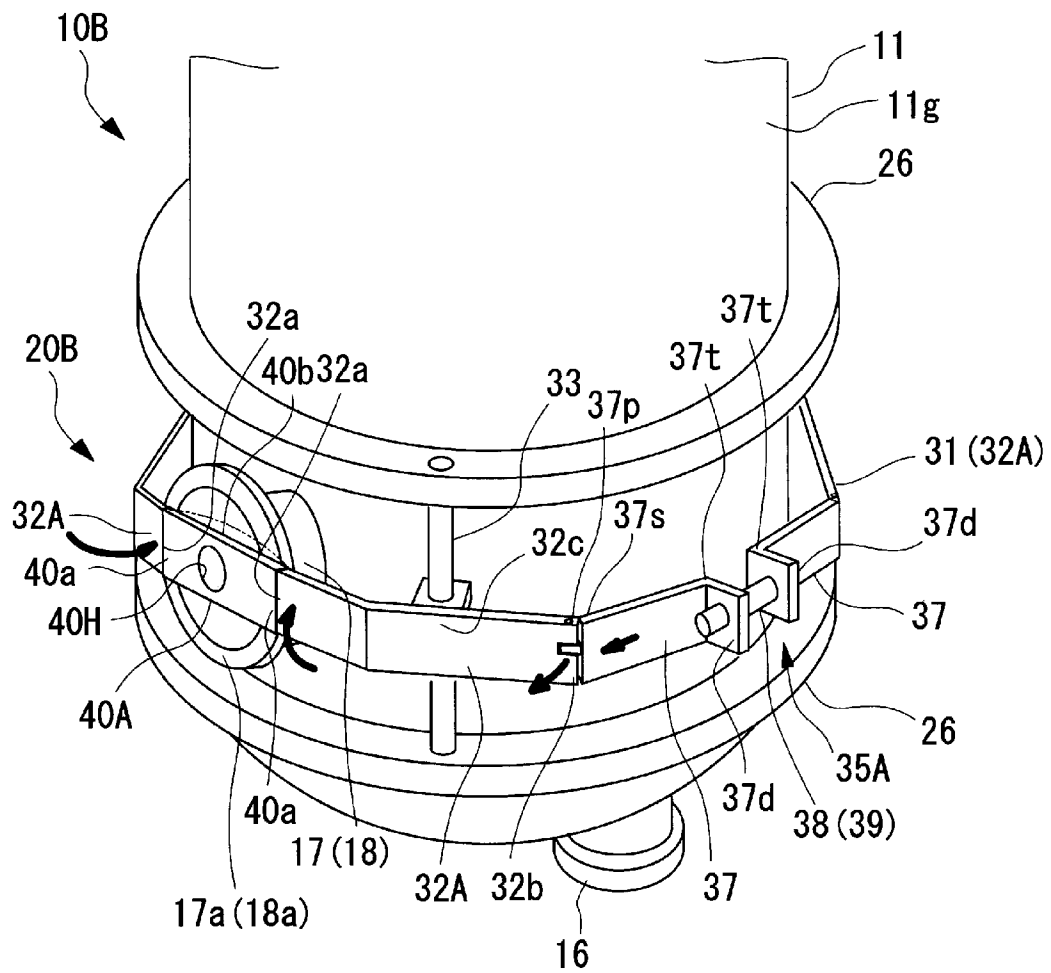
[図8]



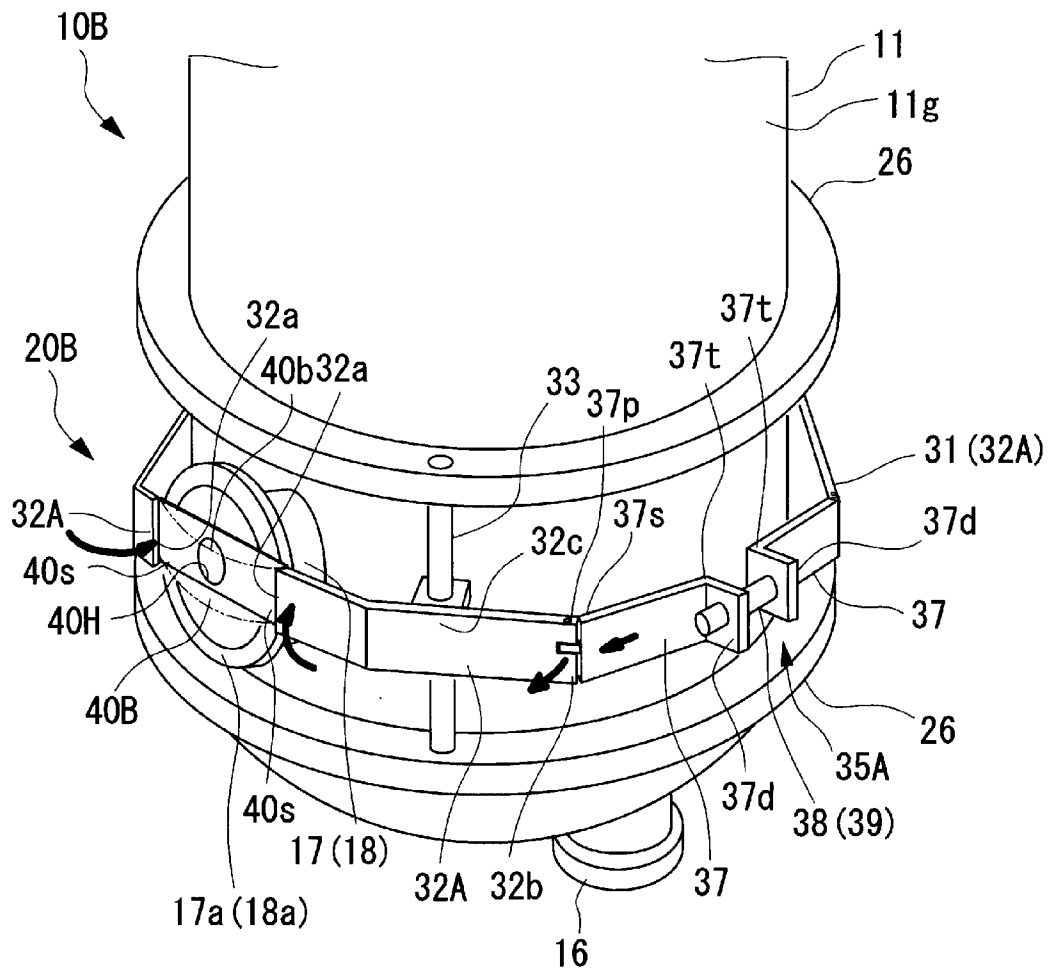
[図9]



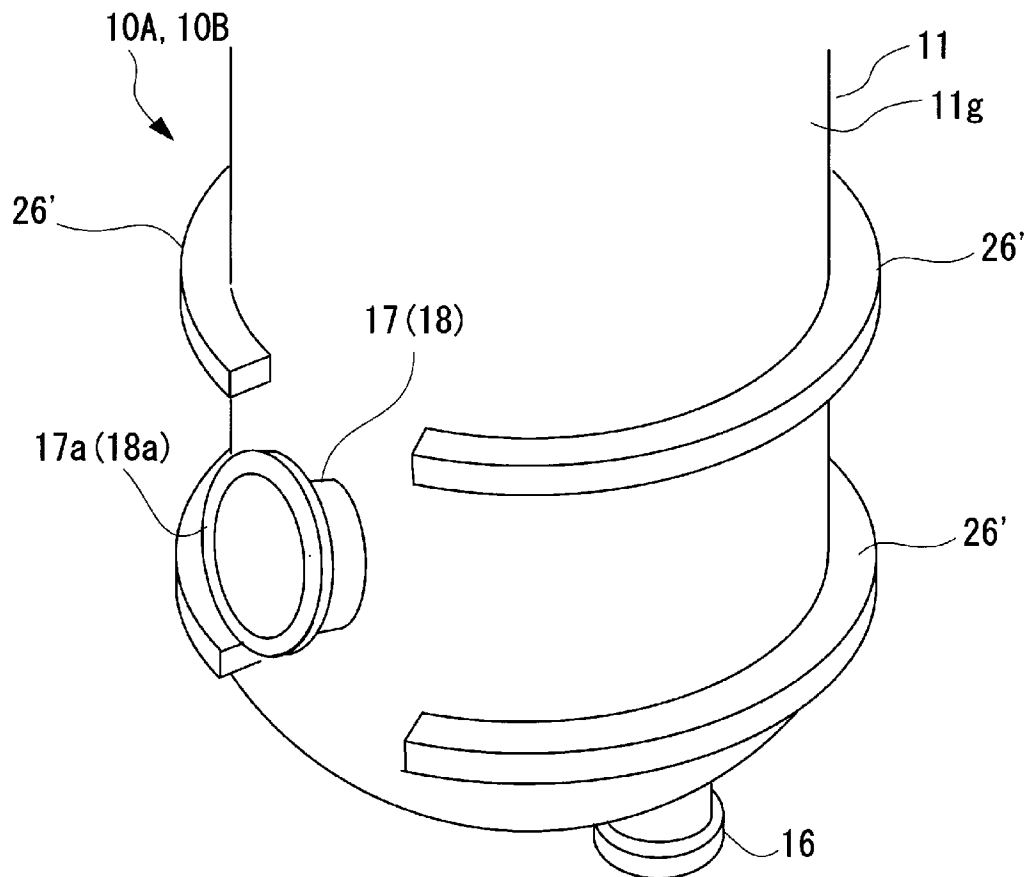
[図10]



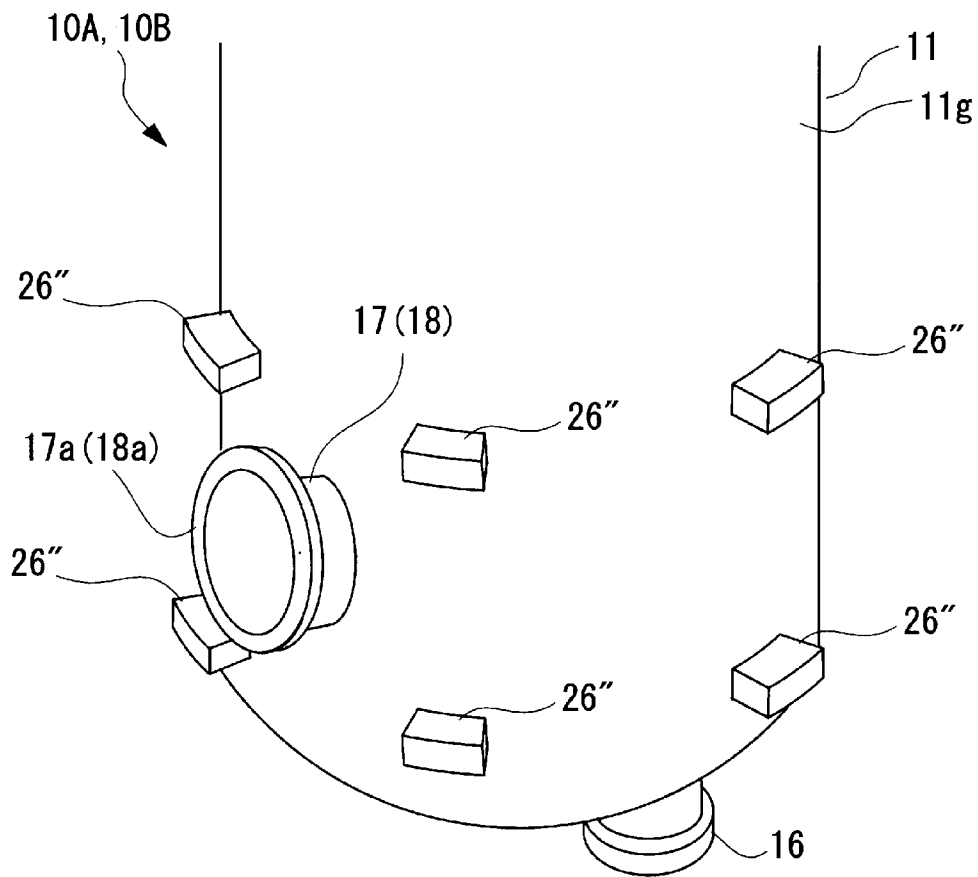
[図11]



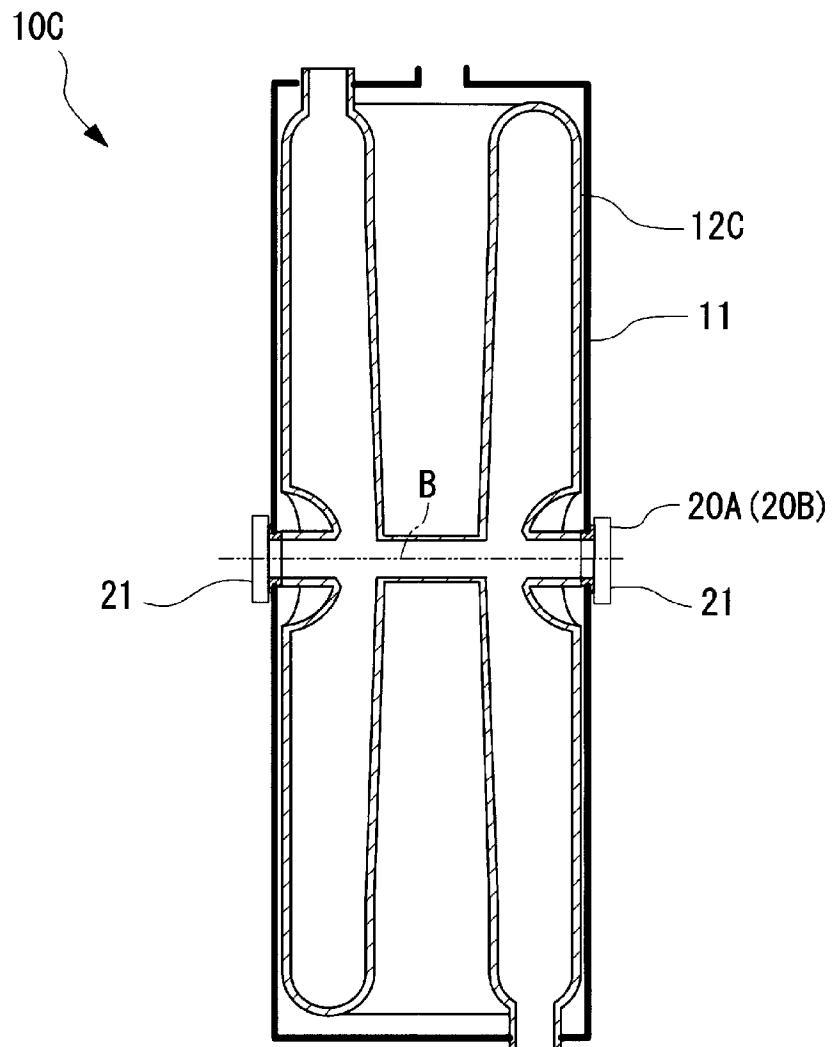
[図13]



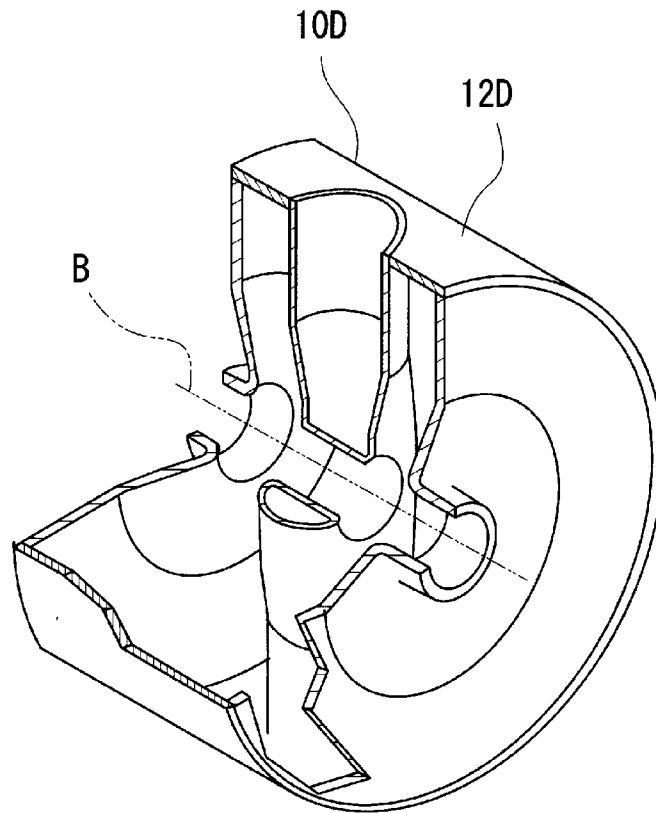
[図14]



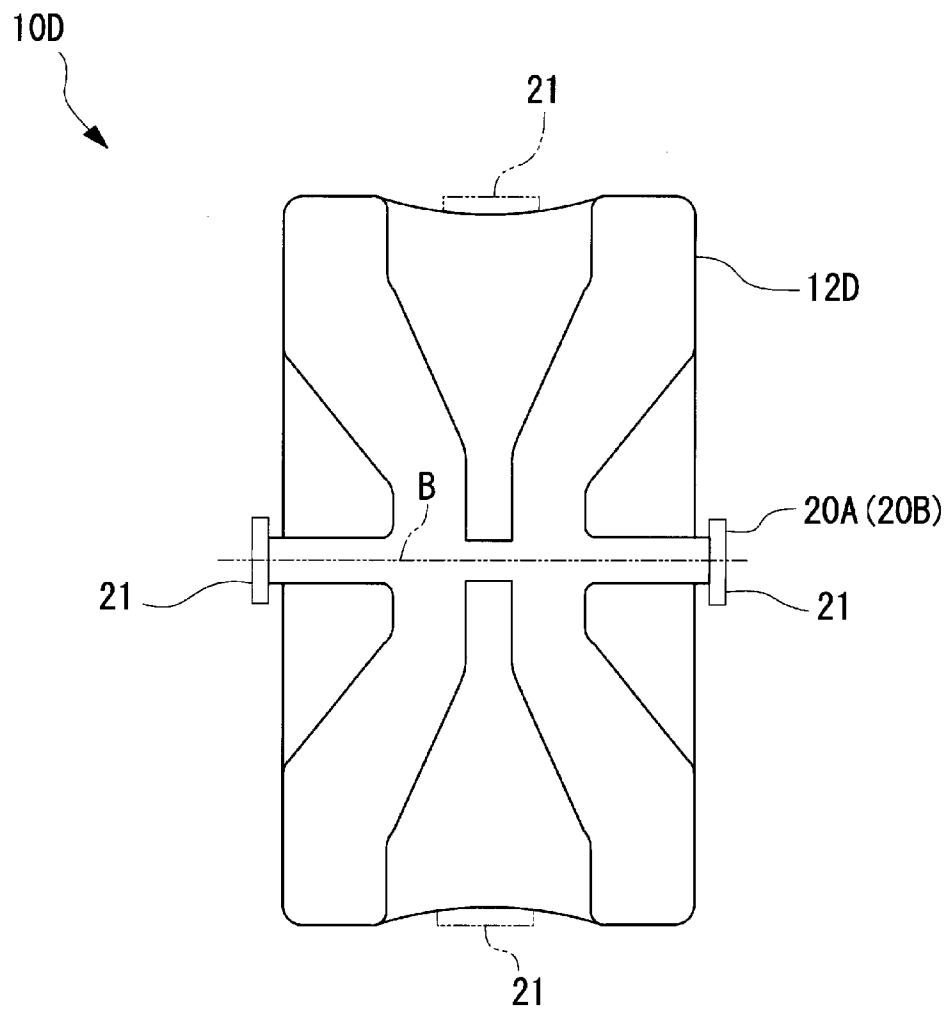
[図15]



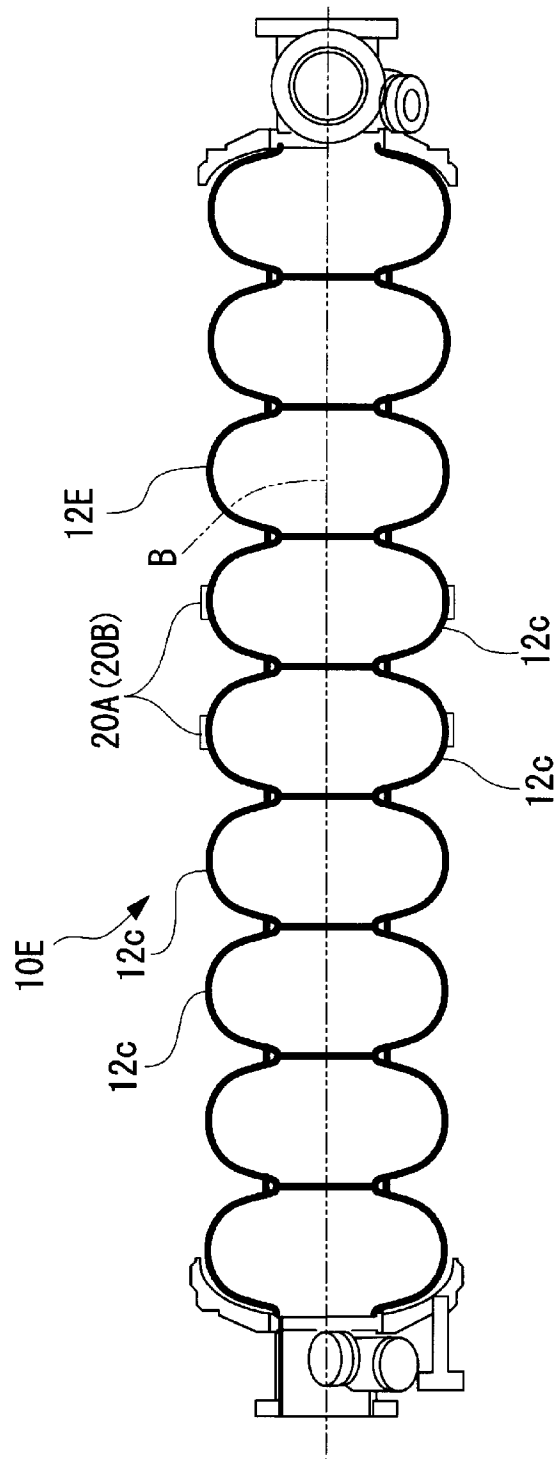
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/054710

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H9/00(2006.01)i, H05H7/22(2006.01)i

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)

H05H9/00, H05H7/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 3-15199 A (Mitsubishi Electric Corp.), 23 January 1991 (23.01.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 8-330098 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 December 1996 (13.12.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2013-44262 A (Arai Seisakusho Co., Ltd.), 04 March 2013 (04.03.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 March 2016 (07.03.16)

Date of mailing of the international search report
22 March 2016 (22.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/054710

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-4000 A (Toshiba Corp.), 06 January 1998 (06.01.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05H9/00(2006.01)i, H05H7/22(2006.01)i

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））

Int.Cl. H05H9/00, H05H7/22

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
A	JP 3-15199 A（三菱電機株式会社）1991.01.23, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 8-330098 A（三菱電機株式会社）1996.12.13, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2013-44262 A（株式会社荒井製作所）2013.03.04, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 10-4000 A（株式会社東芝）1998.01.06, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9

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、一般的技術水準を示すもの
「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矛盾するものではなく、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

07.03.2016

国際調査報告の発送日

22.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

林 靖

21

3489

電話番号 03-3581-1101 内線 3273