

(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11月9日(09.11.2017)



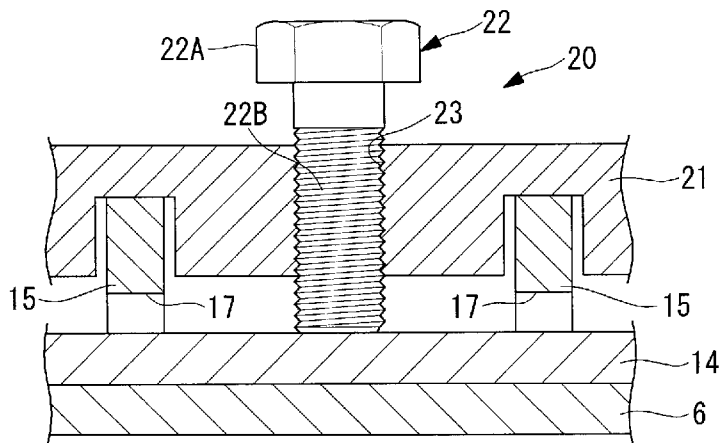
(10) 国際公開番号

WO 2017/191837 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 9/00 (2006.01) *H05H 7/22* (2006.01) 研究所(RIKEN) [JP/JP]; 〒3510198 埼玉県和光市広沢2番1号 Saitama (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/017207 (72) 発明者: 須田 健嗣(SUDA, Kenji); 〒3510198 埼玉県和光市広沢2番1号 国立研究開発法人理化学研究所内 Saitama (JP). 山田 一成(YAMADA, Kazunari); 〒3510198 埼玉県和光市広沢2番1号 国立研究開発法人理化学研究所内 Saitama (JP). 坂本 成彦(SAKAMOTO, Naruhiko); 〒3510198 埼玉県和光市広沢2番1号 国立研究開発法人理化学研究所内 Saitama (JP). 大関 和貴(OZEKI, Kazutaka); 〒3510198 埼玉県和光市広沢2番1号 国立研究開発法人理化学研究所内 Saitama (JP). 上垣外 修一(KAMIGAITO, Osamu); 〒3510198 埼玉県和光
- (22) 国際出願日: 2017年5月1日(01.05.2017)
- (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 2016-093220 2016年5月6日(06.05.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱重工メカトロシステムズ株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES MECHATRONICS SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒6528585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 Hyogo (JP). 国立研究開発法人理化学

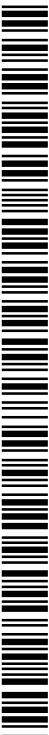
(54) Title: ACCELERATION CAVITY, ACCELERATOR, AND METHOD FOR ADJUSTING RESONANCE FREQUENCY OF ACCELERATION CAVITY

(54) 発明の名称: 加速空洞、加速器及び加速空洞の共振周波数調整方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide: an acceleration cavity with which it is possible to change the inherent resonance frequency of the acceleration cavity, without occupying the space between adjacently placed acceleration cavities; an accelerator; and a method for adjusting the resonance frequency of the acceleration cavity. A 1/4 wavelength type resonator is provided with: a body part for which the axis direction is arranged in parallel to the vertical direction, and the side surface has a cylindrical shape; a top surface 6 that is a plate-shaped member and is provided on an upper portion of the body part; and a deformation adjustment unit 20 that imparts pressing force on the top surface 6 so as to deform the top surface 6.

(57) 要約: 隣接して配置される加速空洞間のスペースを占有することなく、加速空洞が有する固有の共振周波数を変更させることが可能な加速空洞、加速器及び加速空洞の共振周波数調整方法を提供することを目的とする。1/4波長型共振器は、軸方向が鉛直方向に対して平行に配置され、側面部が円筒形状を有する胴体部と、胴体部の上部に設けられ、板状部材である上面部6と、上面部6に対して押圧力を付与し、上面部6を変形させる変形調整部20とを備える。



WO 2017/191837 A1

市広沢 2 番 1 号 国立研究開発法人理化学研究所内 Saitama (JP). 柳澤 剛(YANAGISAWA, Takeshi); 〒6528585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工メカトロシステムズ株式会社内 Hyogo (JP). 仙入 克也 (SENNYU, Katsuya); 〒6528585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工メカトロシステムズ株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 藤田 考晴 (FUJITA, Takaharu); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-2-1 横浜ランドマークタワー 37F Kanagawa (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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

加速空洞、加速器及び加速空洞の共振周波数調整方法

技術分野

[0001] 本発明は、加速空洞、加速器及び加速空洞の共振周波数調整方法に関するものである。

背景技術

[0002] 陽子又は重粒子（重イオン）を加速する超伝導線形加速器において、 $1/4$ 波長型共振器（QWR：Quarter Wave Resonator）又は $1/2$ 波長型共振器（HWR：Half Wave Resonator）を用いて加速空洞を形成する場合がある。加速空洞にはマイクロ波を投入して、陽子又は重粒子を加速する加速電場を発生させる。このとき、加速空洞が有する固有の共振周波数を加速電場の周波数に同期させることにより、粒子を効率良く加速させることができる。したがって、加速空洞が有する共振周波数を調整するため、加速空洞をチューニングする必要がある。

下記の特許文献1及び2には、加速空洞のチューニングに関する発明が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第6445267号明細書

特許文献2：米国特許第6657515号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 加速空洞のチューニングは、加速器の運転前に実施されるものと、運転中に実施されるものがある。運転前に実施されるチューニング（以下「プリチューニング」という。）としては、空洞内部に組み込まれる一部の部品の長さを調整すること、空洞自体を塑性変形させて空洞形状を変えること、及

び、空洞の内表面を研磨することなどがある。運転前のプリチューニングは、共振周波数が大きな範囲で調整される。

[0005] 運転中に実施されるチューニングとしては、空洞自体を弾性変形させて空洞形状を可逆的に調整することや、空洞内部に部品を挿入することがある。運転中のチューニングは、運転条件等によってわずかに変わってしまう共振周波数を元に戻すためなどに行われる。

[0006] 加速空洞を変形させてチューニングする場合、加速空洞に対し、ビーム軸方向であって、加速空洞の内側に凹状に変形させる方法が行われている。加速空洞が複数台直列に配置される場合、空洞間の間隔を短くすることで、加速器の全長に対する加速空洞の割合が大きくなり、加速器全体をコンパクトにすることができる。一方、 $1/4$ 波長型共振器又は $1/2$ 波長型共振器は、剛性が高い構造を有することから、共振器を変形させる機能を有するチューナーは、高い変形力を付与できる規模の大きな構成とする必要がある。チューナーは、例えば、縦長円筒形状の共振器を外周面から挟み込む構造を有する。このとき、チューナーが付与する押圧力は、数十kN単位である。そのため、加速空洞間にチューナーを配置する場合、一定の空間を確保する必要がある。

[0007] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、加速器の運転中に実施するチューニング又は運転前に実施するプリチューニングにおいて、隣接して配置される加速空洞間のスペースを占有することなく、加速空洞が有する固有の共振周波数を変更させることが可能な加速空洞、加速器及び加速空洞の共振周波数調整方法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

[0008] 本発明の第1態様に係る加速空洞は、軸方向が鉛直方向に対して平行に配置され、側面部が円筒形状を有する胴体部と、前記胴体部の上部に設けられ、板状部材である上面部と、前記上面部に対して押圧力を付与し、前記上面部を変形させる変形調整部とを備える。

[0009] この構成によれば、側面部が円筒形状を有する胴体部は、軸方向が鉛直方

向に対して平行に配置され、板状部材である上面部が、胴体部の上部に設けられる。このとき、変形調整部が上面部に対して押圧力を付与して上面部を変形させる。これにより、胴体部の上部に設けられた上面部が変形することから、加速空洞が有する共振周波数が変更される。

[0010] 上記第1態様において、複数の前記変形調整部が設けられてもよく、それぞれの前記変形調整部が前記上面部の異なる位置に対し押圧力を付与してもよい。

[0011] この構成によれば、複数の変形調整部によって、上面部の複数の位置に対し押圧力を付与できる。その結果、一の位置に対し押圧力を付与する場合と比べて、上面部の変形形状を異ならせることができるため、加速空洞の共振周波数を細かく変更しやすくなる。例えば、上面部が円環形状であるとき、複数の変形調整部は、上面部の周方向に沿って、それぞれの変形調整部が間隔を空けて設けられる。

[0012] 上記第1態様において、前記上面部の面上に上方に突出したリブが設けられてもよく、前記変形調整部は、前記リブに接触して押圧力を付与してもよい。

[0013] この構成によれば、変形調整部が上面部に設けられたリブに接触しており、リブに対して押圧力を付与して上面部を変形させる。このとき、リブを介して押圧力が上面部の面内に広く伝達されるため、リブの長手方向に沿って変形部分を増やすことができる。

[0014] 上記第1態様において、前記上面部は、前記変形調整部が接触する部分の板厚が他の部分よりも薄くてもよい。

[0015] この構成によれば、変形調整部が接触して押圧力が付与される部分の板厚が、他の部分よりも薄いため、少ない押圧力で上面部を変形させることができる。

[0016] 上記第1態様において、前記上面部は、前記変形調整部が接触する部分が平面状に形成されてもよい。

[0017] この構成によれば、変形調整部が接触して押圧力が付与される部分が、断

面が直線である平面状に形成されるため、断面が円弧形状等の曲面で形成される場合に比べて、少ない押圧力で上面部を変形させることができる。

[0018] 本発明の第2態様に係る加速器は、上記第1態様の加速空洞を備える。

[0019] 本発明の第3態様に係る加速空洞の共振周波数調整方法は、軸方向が鉛直方向に対して平行に配置され、側面部が円筒形状を有する胴体部と、前記胴体部の上部に設けられ、板状部材である上面部とを備える加速空洞の共振周波数調整方法であって、変形調整部が、前記上面部に対して押圧力を付与し、前記上面部を変形させるステップを有する。

[0020] 上記第3態様における前記上面部を変形させるステップにおいて、前記上面部を塑性変形、又は、弾性変形させる。

[0021] 上記第3態様において、複数の前記変形調整部が設けられるとき、全ての又は一部の前記変形調整部によって前記上面部を変形させる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、加速空洞の胴体部の上部に設けられた上面部を変形させることから、変形調整部が、隣接して配置される加速空洞間のスペースを占有することなく、加速空洞が有する固有の共振周波数を変更させることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器を示す斜視図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器及び容器を示す縦断面図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器の上部を示す斜視図である。

[図4]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器の変形調整部を示す縦断面図である。

[図5]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器の上部を示す縦断面図である。

[図6]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器を示す平面図である。

[図7]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器の上部を示す端面図であり、上面部の変形後の形状を破線で示している。

[図8]本発明の第1実施形態に係る1/4波長型共振器の変形例の上部を示す縦断面図である。

[図9]本発明の第2実施形態に係る1/4波長型共振器の変形調整部を示す縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下に、本発明に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

[第1実施形態]

以下、本発明の第1実施形態に係る超伝導線形加速器について、図1から図8を用いて説明する。

本実施形態に係る超伝導線形加速器は、陽子又は重粒子（重イオン）を加速する。超伝導線形加速器は、1/4波長型共振器（QWR：Quarter Wave Resonator）1を用いて加速空洞が形成される。1/4波長型共振器1は、1台で用いられる場合と、複数台が直列に接続されて用いられる場合がある。1/4波長型共振器1にはマイクロ波が投入されて、1/4波長型共振器1内には陽子又は重粒子を加速する加速電場が発生する。なお、以下では、1/4波長型共振器1について、図面を用いて説明したが、本発明は、超伝導線形加速器に用いられる1/2波長型共振器（HWR：Half Wave Resonator）にも適用できる。

[0025] 1/4波長型共振器1は、ニオブ製であり、側面が円筒形状である胴体部2と、胴体部2の内部に設けられる中心導体3などを備える。

[0026] 胴体部2は、外周面が円筒形状の側面部4と、側面部4に接続された下面部5及び上面部6を有する。側面部4、下面部5及び上面部6は、例えば板厚3mm～4mmの板状部材で構成される。胴体部2の内部は、胴体部2の側面部4、下面部5及び上面部6と、中心導体3によって閉鎖された空間となっている。

[0027] 下面部5は、平面視が円形状であって、例えば楕形状又は平板状である。

上面部 6 は、平面視が円環形状であって、縦断面形状は、上側に凸状である曲面を有する。なお、上面部 6 は曲面のみではなく、平面部を有してもよい。

[0028] 上面部 6 の外周縁 6 a は、側面部 4 の上部と接続され、上面部 6 の内周縁 6 b は中心導体 3 の上部と接続される。

[0029] 胴体部 2 の下部には、陽子又は重粒子が通過する開口部 8 が形成された、一对のビームポート 7 が設けられる。各ビームポート 7 は、端部にフランジ 9 が形成されており、他の 1 / 4 波長型共振器のビームポート 7 に対し接続部品（図示せず。）を介して接続可能である。

[0030] ビームポート 7 は、胴体部 2 の側面部 4 から突出し、胴体部 2 の軸方向に対して垂直方向に設けられる。二つのビームポート 7 は、同軸上に設けられており、内部に形成される開口部 8 も同軸に配置される。

[0031] 中心導体 3 は、テーパ形状の接続部 10 と、内部に開口部 12 を有する円環形状のビーム通過部 11 を有する。接続部 10 は、上方の直径が大きく、下方の直径が小さいテーパ形状である。接続部 10 の下部とビーム通過部 11 の上部は、連続して接続されており、接続部 10 の内部とビーム通過部 11 の内部には、連続した一つの空間が形成され、加速器の運転時において、例えば液体ヘリウムが充填される。なお、接続部 10 は、上方の直径と下方の直径が同一である円筒形状であってもよい。

[0032] ビーム通過部 11 は、二つの椀形部材が合わさった形状を有し、ビームポート 7 側に向かって凸状の曲面を有する。ビーム通過部 11 の中心部には、円筒状の開口部 12 が形成されており、開口部 12 の両端は、ビーム通過部 11 のビームポート 7 側の面と接続されている。ビーム通過部 11 の開口部 12 は、ビームポート 7 の開口部 8 と同軸上に設けられる。ビーム通過部 11 の開口部 12 の内部は、陽子又は重粒子が通過する。

[0033] ビーム通過部 11 のビーム軸方向の厚みや、開口部 12 のビーム軸方向の長さは、接続部 10 の最下端の直径よりも長く、接続部 10 とビーム通過部 11 の接続部分は屈曲した形状を有している。なお、接続部 10 とビーム通

過部 1 1 の接続部分の形状は、屈曲形状を有する場合に限定されない。ビーム通過部 1 1 のビーム軸方向の厚みや、開口部 1 2 のビーム軸方向の長さが、円筒形状の接続部 1 0 の直径と同一である場合もある。また、ビーム通過部 1 1 は、円環形状である場合に限られず、円筒形状の接続部 1 0 と同一直径の円筒形状であって、円筒外周面を貫通するように開口部 1 2 が形成されるものであってもよい。

[0034] 胴体部 2 の側面部 4 と中心導体 3 の側面との間や、胴体部 2 の下面部 5 と中心導体 3 の最下端との間には、空間が設けられる。1 / 4 波長型共振器 1 の横断面形状は、胴体部 2 の側面部 4 と中心導体 3 の側面との間の空間は、円環形状となっている。

[0035] 1 / 4 波長型共振器 1 の外側には、金属製の容器（ジャケット）3 0 が設けられ、容器 3 0 内部と胴体部 2 の外周部との間に、例えば液体ヘリウムが充填される。

[0036] 胴体部 2 の上面部 6 には、一对のポート 1 3 が、胴体部 2 の軸方向に対して平行方向に設けられる。ポート 1 3 は、1 / 4 波長型共振器 1 の製造時における内部空間の洗浄や研磨に用いられる。

[0037] また、胴体部 2 の上面部 6 において、二つのポート 1 3 の間には、周方向に沿って、円弧状にリブ 1 4 が形成される。リブ 1 4 は、上面部 6 の面から上方へ突出した形状を有する。リブ 1 4 が設けられることにより、変形調整部 2 0 のボルト 2 2 による押圧力が、リブ 1 4 を介して上面部 6 の面内に広く伝達されるため、リブ 1 4 の長手方向に沿って変形部分を増やすことができる。

[0038] また、二つのポート 1 3 の間には、上面部 6 の径方向に沿って、板状の支持部 1 5 が設けられる。支持部 1 5 は、下端部が上面部 6 と接続されている。図 3 に示す例では、支持部 1 5 が周方向に 6 箇所設けられている。なお、支持部 1 5 の位置や設置数は、この例に限定されない。なお、支持部 1 5 の下部には、リブ 1 4 と干渉しないように切欠き 1 7 が形成されている。

[0039] 複数の支持部 1 5 の内側には、更に円環状の補強材 1 6 が設置される。補

強材 16 は、外周縁が支持部 15 と接続されている。

[0040] 次に、図 3 から図 8 を用いて、本実施形態に係る変形調整部 20 について説明する。

変形調整部 20 は、上面部 6 に接触して押圧力を付与し、上面部 6 の板状部材を変形させる。これにより、1/4 波長型共振器 1 が有する固有の共振周波数が変更される。

[0041] 変形調整部 20 は、図 4 に示すように、二つの支持部 15 間に設けられる。図 4 は、上面部 6 のリブ 14 に沿って、上面部 6 の周方向に切断した縦断面図である。変形調整部 20 は、上面部 6 において、一つ以上設置される。複数の変形調整部 20 が設けられる場合は、二つの支持部 15 間それぞれに一つずつ設置される。変形調整部 20 は、好ましくは点対称となる位置に、一对以上、複数設置される。対称となる位置に設けられることで、共振周波数の変化が安定し、調整を行いやすい。なお、上面部 6 の板状部材やリブ 14 の板状部材の厚さや形状を適宜選定することによっても、共振周波数の変化を安定させ、調整を行いやすくさせることができる。

[0042] 変形調整部 20 は、台部 21 と、ボルト 22 を有する。台部 21 は、板状又はブロック状の部材であり、下面が支持部 15 の上面と接続される。台部 21 の中心部には、貫通孔 23 が上下方向に形成されており、貫通孔 23 の内部には、ボルト 22 と螺合可能な雌ねじが設けられる。ボルト 22 の上部には頭部 22A が設けられ、ロッド部 22B には雄ねじが設けられる。頭部 22A を回転させることにより、ボルト 22 は、軸方向に移動し、台部 21 に対し下方向又は上方向に移動可能である。

[0043] ボルト 22 を下方向に移動させることにより、ボルト 22 のロッド部 22B の下端部が上面部 6 のリブ 14 に当接する。更にボルト 22 を下方向に移動させることにより、台部 21 及び支持部 15 に固定されたボルト 22 は、リブ 14 及び上面部 6 に対し押圧力を付与する。その結果、図 7 に示すように、ボルト 22 によって、リブ 14 及び上面部 6 が変形する。ボルト 22 の移動量に応じて、リブ 14 及び上面部 6 の変形量を変化させることができる。

。

[0044] なお、変形調整部 20 は、台部 21 を有する場合に限定されず、図 8 に示すように、台部 21 を設けずに、ボルト 22 が支持部 15 に設置されるようにしてもよい。この場合、支持部 15 は、板厚を厚くして、板状の支持部 15 の端面から上下方向に貫通孔 23 が形成される。貫通孔 23 の内部には、ボルト 22 と螺合可能な雌ねじが設けられる。ボルト 22 のロッド部 22B の下端部は、切欠き 17 へ突き出て、上面部 6 のリブ 14 に当接する。この場合も、ボルト 22 を下方向に移動させることにより、支持部 15 に固定されたボルト 22 は、リブ 14 及び上面部 6 に対し押圧力を付与でき、リブ 14 及び上面部 6 を変形させることができる。上面部 6 の板状部材やリブ 14 の板状部材の厚さや形状を適宜選定することによって、リブ 14 及び上面部 6 に対して、予め想定しておいた変形を達成することができる。

[0045] 変形調整部 20 は、リブ 14 及び上面部 6 を強制的に変形させて塑性変形させてもよいし、リブ 14 及び上面部 6 を弾性変形域で弾性変形させてもよい。

[0046] 例えば、運転前に 1/4 波長型共振器 1 の固有の共振周波数を調整（プリチューニング）する場合、塑性変形と弾性変形の両方が考えられる。

塑性変形の場合は、リブ 14 及び上面部 6 を大きく変形させて、塑性変形させる。塑性変形後は、変形調整部 20 のボルト 22 を再び上方に移動させて、ボルト 22 のロッド部 22B の下端部をリブ 14 から離れた後もリブ 14 及び上面部 6 の変形は維持される。したがって、1/4 波長型共振器 1 が有する共振周波数が、変形前と異なる値に設定される。

弾性変形の場合は、変形調整部 20 のボルト 22 を下向きに移動させ、共振周波数を調整した後、その位置でボルト 22 を固定することで 1/4 波長型共振器 1 の変形が維持される。

[0047] また、運転中に 1/4 波長型共振器 1 の固有の共振周波数を調整（チューニング）する場合、リブ 14 及び上面部 6 を弾性変形域で弾性変形させる。変形調整部 20 のボルト 22 は、リブ 14 及び上面部 6 の弾性変形域で上下

方向に移動される。この場合、ボルト 22 の上下方向の移動に伴って、リブ 14 及び上面部 6 の撓み量が変化する。

[0048] 複数の変形調整部 20 が設置される場合、全ての変形調整部 20 についてボルト 22 を均等に移動させてもよいし、共振周波数の変化特性を測定しながら、一部の変形調整部 20 のボルト 22 を移動させたり、それぞれのボルト 22 の移動量を異ならせてもよい。複数の変形調整部 20 によってリブ 14 及び上面部 6 を変形させる場合、一の位置に対し押圧力を付与する場合と比べて、リブ 14 及び上面部 6 の変形形状を異ならせることができるため、 $1/4$ 波長型共振器 1 が有する共振周波数を細かく変更しやすくなる。図 6 の網掛け部分は、上面部 6 に対し四つの変形調整部 20 を設置し、全ての変形調整部 20 を用いて上面部 6 を変形させた場合の変形範囲を示す。なお、一つの変形調整部 20 が変形可能な範囲は、二つの支持部 15 間の範囲となる。

[0049] なお、運転中にチューニングを行わない場合は、運転前のチューニング完了後、変形調整部 20 の台部 21 及びボルト 22 を支持部 15 から取り外してもよい。

[0050] 以上、本実施形態によれば、 $1/4$ 波長型共振器 1 の上面部 6 を変形することによって、 $1/4$ 波長型共振器 1 が有する固有の共振周波数を変更することができる。変形調整部 20 は、 $1/4$ 波長型共振器 1 の上面部 6 に対応して、 $1/4$ 波長型共振器 1 の上方に設置されることから、隣り合う $1/4$ 波長型共振器 1 と干渉することがない。したがって、複数の $1/4$ 波長型共振器 1 の間の距離が短く、隣り合う $1/4$ 波長型共振器 1 の間の空間が狭い場合でも、変形調整部 20 を用いて共振周波数を変更することができる。

[0051] また、本実施形態は、従来のように、 $1/4$ 波長型共振器のビームポートを内側に移動させて、側面部 4 をビーム軸方向であって内側に凹状に変形させる場合と異なり、ビームポート 7 の位置を変更しない。したがって、 $1/4$ 波長型共振器 1 の内部に発生する加速電場に大きな影響を与えることなく、 $1/4$ 波長型共振器 1 が有する固有の共振周波数を変更することができる。

。

[0052] なお、本実施形態では、1/4波長型共振器1において、上面部6の面上にリブ14が設けられる場合について説明したが、本発明はこの例に限定されない。すなわち、リブ14が設けられず、ボルト22が上面部6に当接し、ボルト22によって上面部6が直接変形されるとしてもよい。

[0053] また、ボルト22が当接する上面部6の板厚が、上面部6の他の部分や側面部4などよりも薄く形成されてもよい。これにより、変形調整部20のボルト22が接触して、ボルト22が上面部6を変形させる部分の板厚が、他の部分よりも薄いことから、少ない押圧力で上面部6を変形させることができる。

[0054] [第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態に係る超伝導線形加速器について説明する。

本実施形態は、運転中に1/4波長型共振器1の固有の共振周波数を調整(チューニング)する場合に主に使用される。

本実施形態に係る超伝導線形加速器の1/4波長型共振器1は、第1実施形態と比べて、変形調整部20の構成が異なる。以下では、1/4波長型共振器1の変形調整部20について説明し、第1実施形態と重複する構成要素及び作用効果については詳細な説明を省略する。なお、以下では、1/4波長型共振器1について、図面を用いて説明したが、本発明は、超伝導線形加速器に用いられる1/2波長型共振器(HWR: Half Wave Resonator)にも適用できる。

[0055] 変形調整部20は、図9に示すように、容器30よりも外側に配置される。容器30には、例えば液体ヘリウムが充填される。

変形調整部20は、支持部31と、ロッド部32と、ロッド位置調整部33などを有する。変形調整部20は、ロッド位置調整部33がロッド部32の上下方向の位置を変更し、ロッド部32の下端部32Bを上面部6に当接させて、リブ14及び上面部6を変形させる。

[0056] 容器30の上面には、例えば円形の開口部30Aが形成され、開口部30

Aにはロッド部32が挿通される。支持部31は、例えば円筒状部材であり、下端部が開口部30Aに沿って、容器30の上面側に設置される。支持部31の上端部には、フランジ34が設けられ、フランジ34はロッド部32の受け部36の下面と接触している。支持部31の中間部分には、ベローズ35が設けられ、ベローズ35は、フランジ34の上下方向の移動を可能とする。

[0057] ロッド部32は、支持部31に支持される受け部36と、下方に延設される棒状のロッド37と、雌ねじ穴39が形成された雌ねじ部38を有する。

[0058] 受け部36は、例えば円板状部材であって、ロッド37よりも径が大きく、下面側が支持部31のフランジ34の上面と接触する。また、受け部36の中心にはロッド37が接続される。ロッド37の下端は、ロッド部32の下端部32Bを上面部6に当接される。雌ねじ部38の中心には、ロッド部32の軸方向と同一方向に雌ねじ穴39が設けられており、内部には雌ねじが形成される。雌ねじ部38は、ロッド位置調整部33の雄ねじ部40と螺合される。

[0059] ロッド位置調整部33は、例えば、雄ねじ部40と、第1ギア41と、第2ギア42と、モータ43などを有する。モータ43は、正回転及び逆回転が可能である。

[0060] 第1ギア41は、雄ねじ部40と接続され、第2ギア42はモータ43と接続される。第1ギア41と第2ギア42は、互いに噛み合っている。モータ43が駆動することによって、第2ギア42が回転し、第2ギア42の回転力が第1ギア41に伝達される。そして、第1ギア41が回転することによって、雄ねじ部40が回転する。その結果、雄ねじ部40と螺合しているロッド部32は、軸心周りに回転せずに、軸方向に移動し、容器30に対し下方向又は上方向に移動可能である。すなわち、ロッド部32は、軸心周りの回転が抑制され、軸方向、すなわち上下方向に移動可能な構成を有している。

[0061] ロッド部32を下方向に移動させることにより、ロッド部32の下端部3

2 Bが上面部6に当接し、更にロッド部32を下方方向に移動させることにより、上面部6を変形させる。ロッド部32の移動量に応じて、上面部6の変形量を変化させることができる。

[0062] なお、本実施形態では、ロッド部32が上面部6を変形させる場合について説明したが、第1実施形態と同様に、上面部6の面上にリブ14が設けられて、ロッド部32によって上面部6及びリブ14が変形されるとしてもよい。

[0063] 本実施形態によれば、変形調整部20が容器30の外部に設けられ、容器30の外部側から、変形調整部20を用いて1/4波長型共振器1の上面部6を変形することができる。

[0064] また、第1実施形態のようにボルト22を直接操作するのではなく、モータ43を駆動することによってロッド部32を上下方向に移動させることができる。そのため、運転中、容器30に液体ヘリウムが充填され、1/4波長型共振器1にアクセスしにくい場合においても、遠隔操作によって1/4波長型共振器1の上面部6を変形することができる。

符号の説明

- [0065] 1 1/4波長型共振器
2 胴体部
3 中心導体
4 側面部
5 下面部
6 上面部
7 ビームポート
8, 12 開口部
9 フランジ
10 接続部
11 ビーム通過部
13 ポート

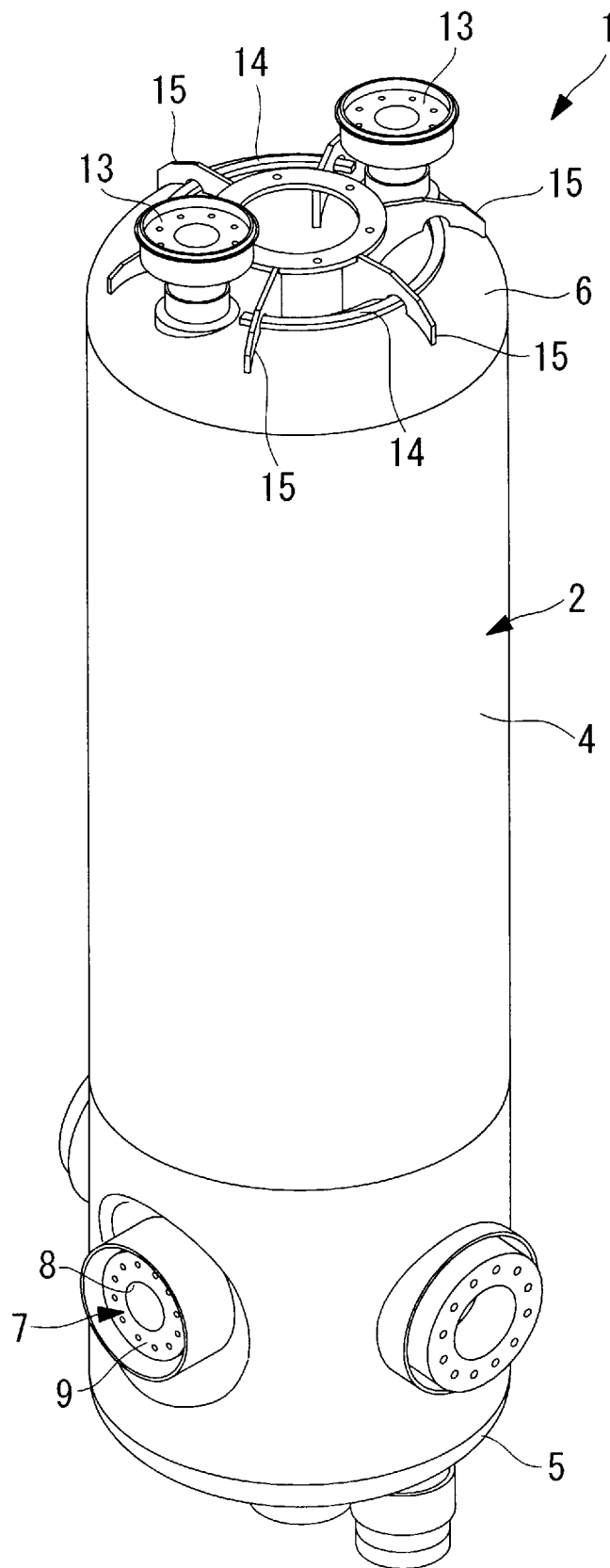
- 14 リブ
- 15 支持部
- 20 変形調整部
- 21 台部
- 22 ボルト
- 30 容器
- 31 支持部
- 32 ロッド部
- 33 ロッド位置調整部
- 34 フランジ
- 35 ベローズ
- 36 受け部
- 37 ロッド
- 38 雌ねじ部
- 39 雌ねじ穴
- 40 雄ねじ部
- 41 第1ギア
- 42 第2ギア
- 43 モータ

請求の範囲

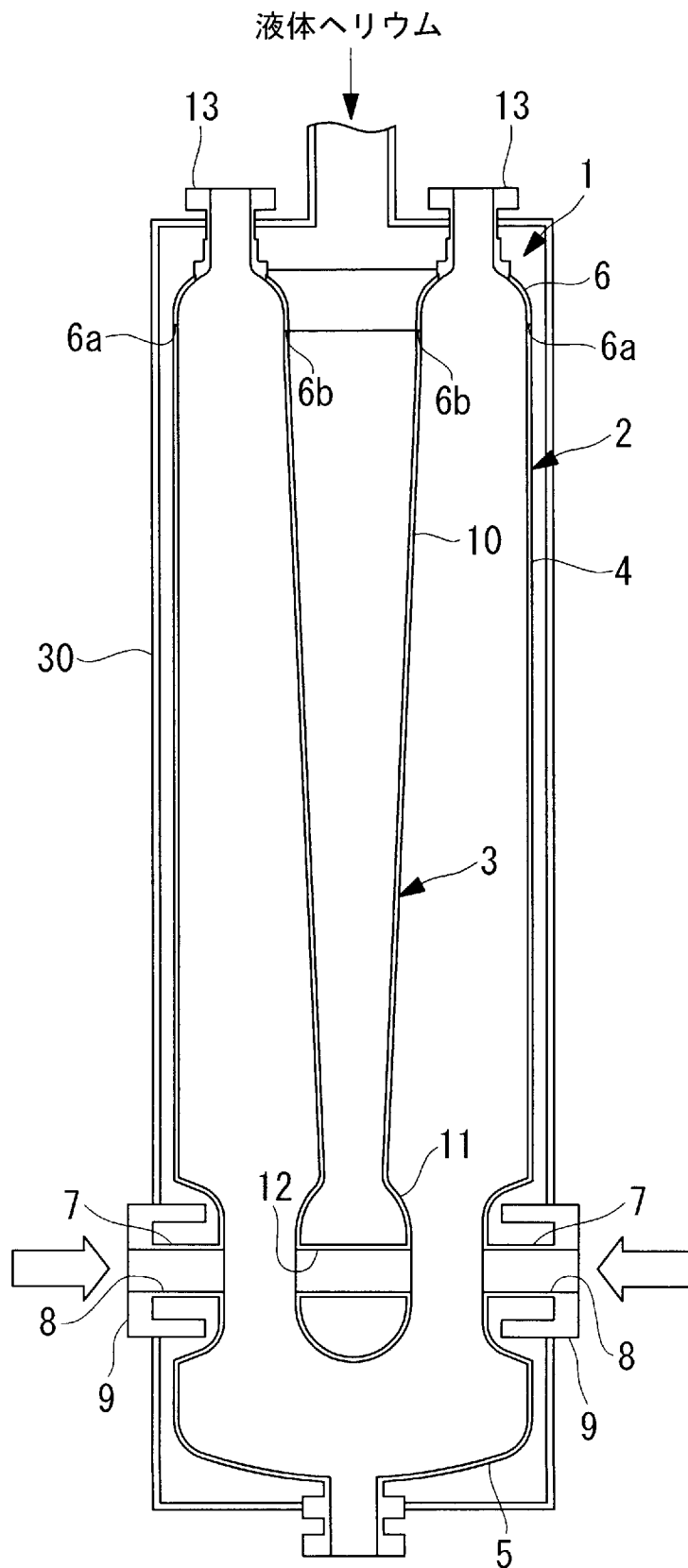
- [請求項1] 軸方向が鉛直方向に対して平行に配置され、側面部が円筒形状を有する胴体部と、
前記胴体部の上部に設けられ、板状部材である上面部と、
前記上面部に対して押圧力を付与し、前記上面部を変形させる変形調整部と、
を備える加速空洞。
- [請求項2] 複数の前記変形調整部が設けられ、それぞれの前記変形調整部が前記上面部の異なる位置に対し押圧力を付与する請求項1に記載の加速空洞。
- [請求項3] 前記上面部の面上に上方に突出したリブが設けられ、
前記変形調整部は、前記リブに接触して押圧力を付与する請求項1又は2に記載の加速空洞。
- [請求項4] 前記上面部は、前記変形調整部が接触する部分の板厚が他の部分よりも薄い請求項1から3のいずれか1項に記載の加速空洞。
- [請求項5] 前記上面部は、前記変形調整部が接触する部分が平面状に形成される請求項1から4のいずれか1項に記載の加速空洞。
- [請求項6] 請求項1から5のいずれか1項に記載の加速空洞を備える加速器。
- [請求項7] 軸方向が鉛直方向に対して平行に配置され、側面部が円筒形状を有する胴体部と、前記胴体部の上部に設けられ、板状部材である上面部とを備える加速空洞の共振周波数調整方法であって、
変形調整部が、前記上面部に対して押圧力を付与し、前記上面部を変形させるステップを有する加速空洞の共振周波数調整方法。
- [請求項8] 前記上面部を変形させるステップにおいて、前記上面部を塑性変形、又は、弾性変形させる請求項7に記載の加速空洞の共振周波数調整方法。
- [請求項9] 複数の前記変形調整部が設けられるとき、全ての又は一部の前記変形調整部によって前記上面部を変形させる請求項7又は8に記載の加

速空洞の共振周波数調整方法。

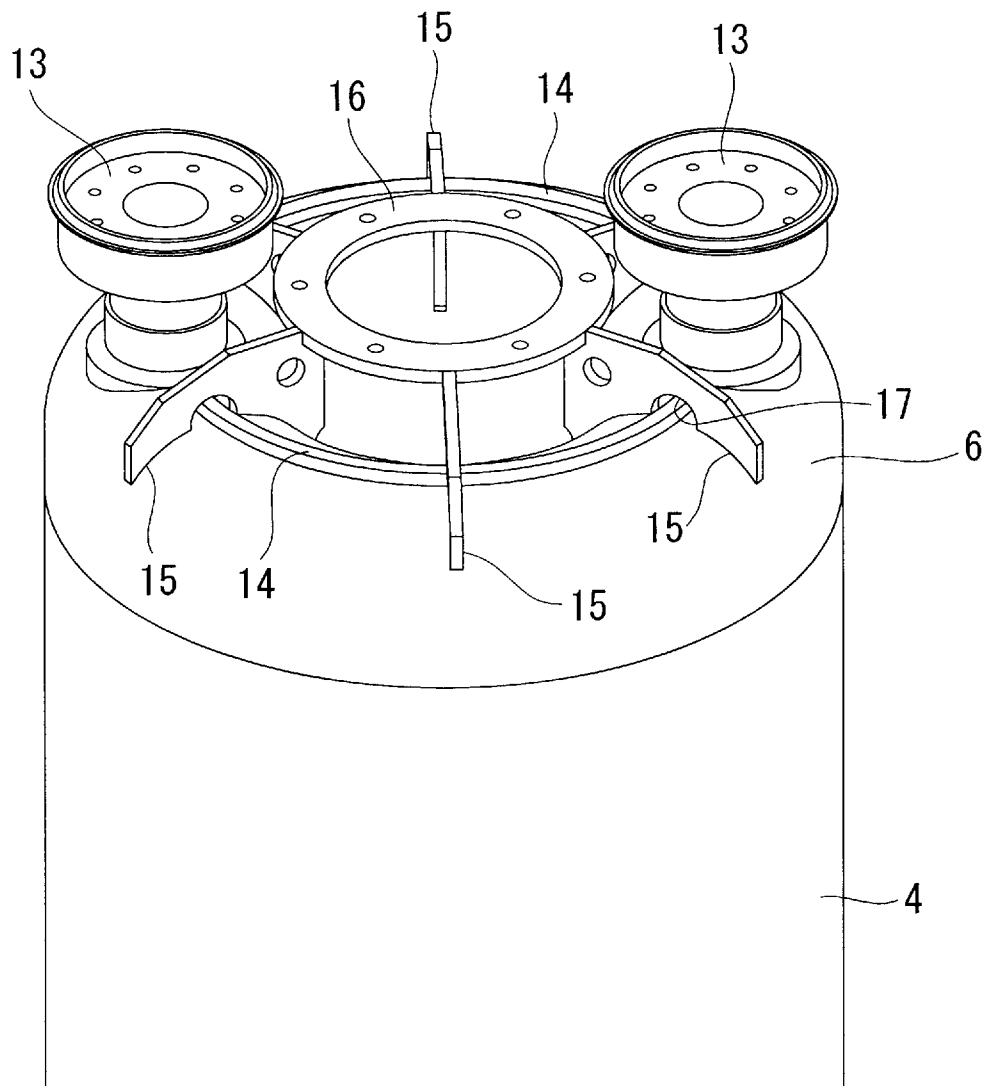
[図1]



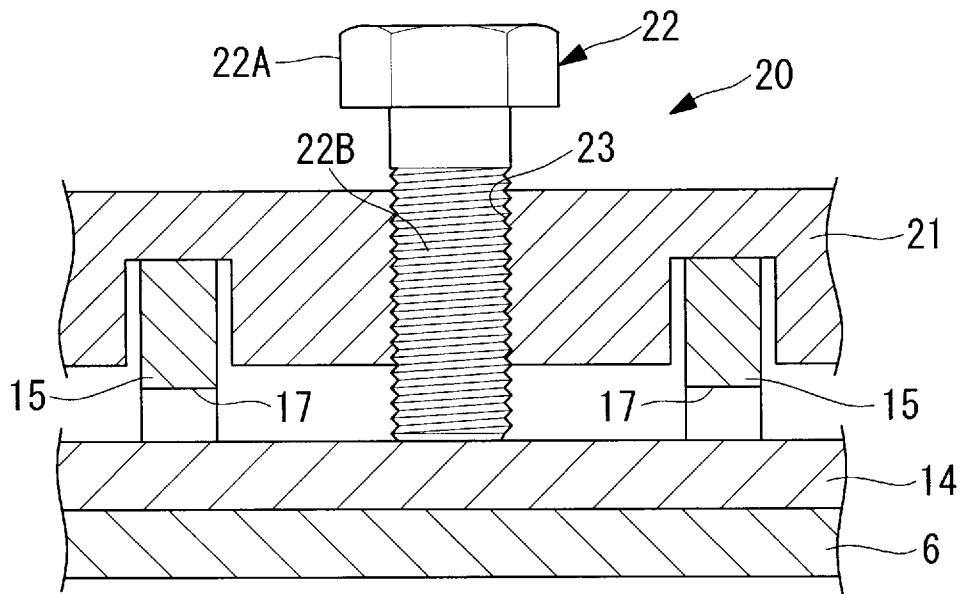
[図2]



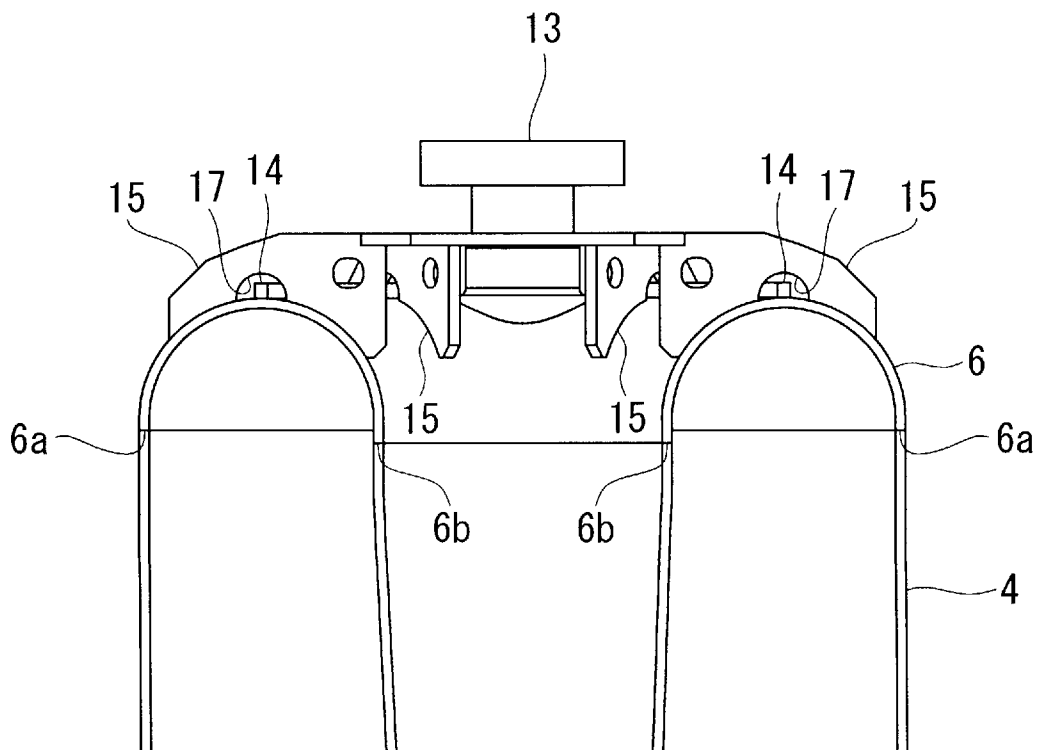
[図3]



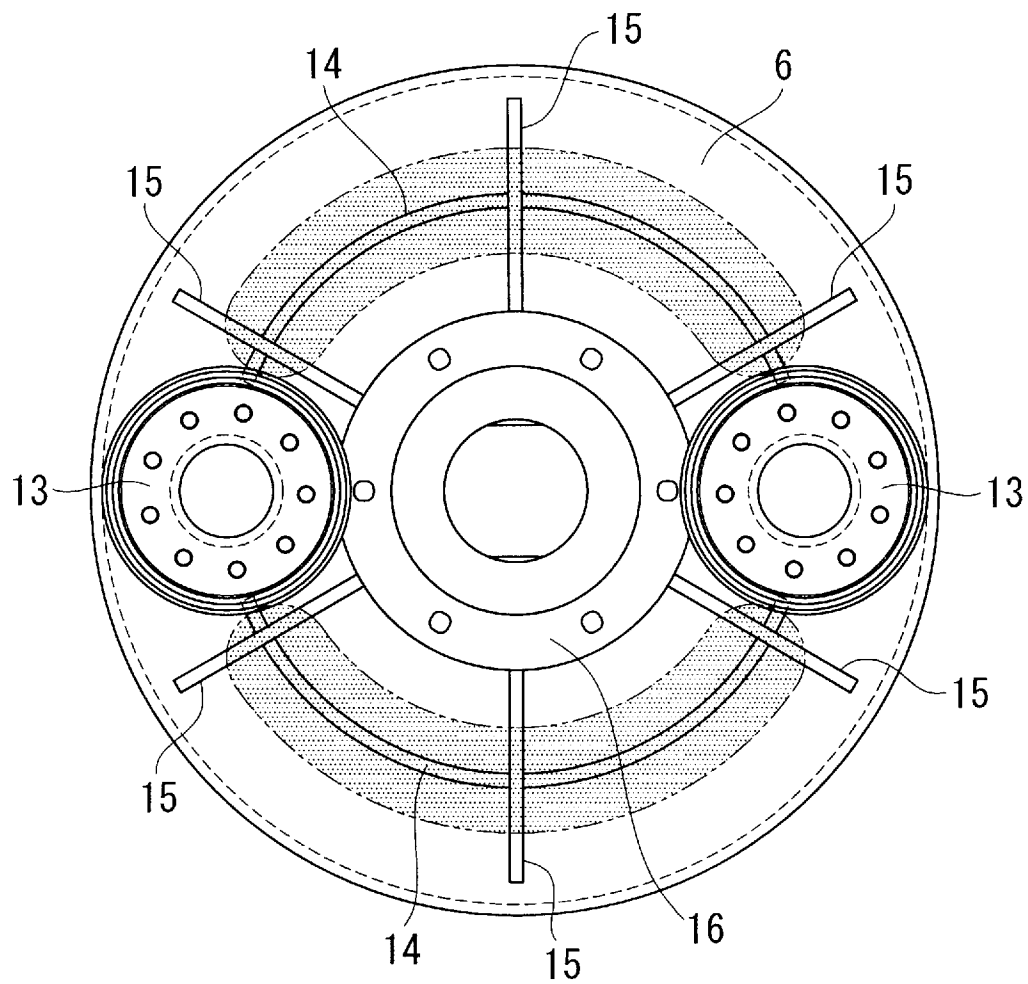
[図4]



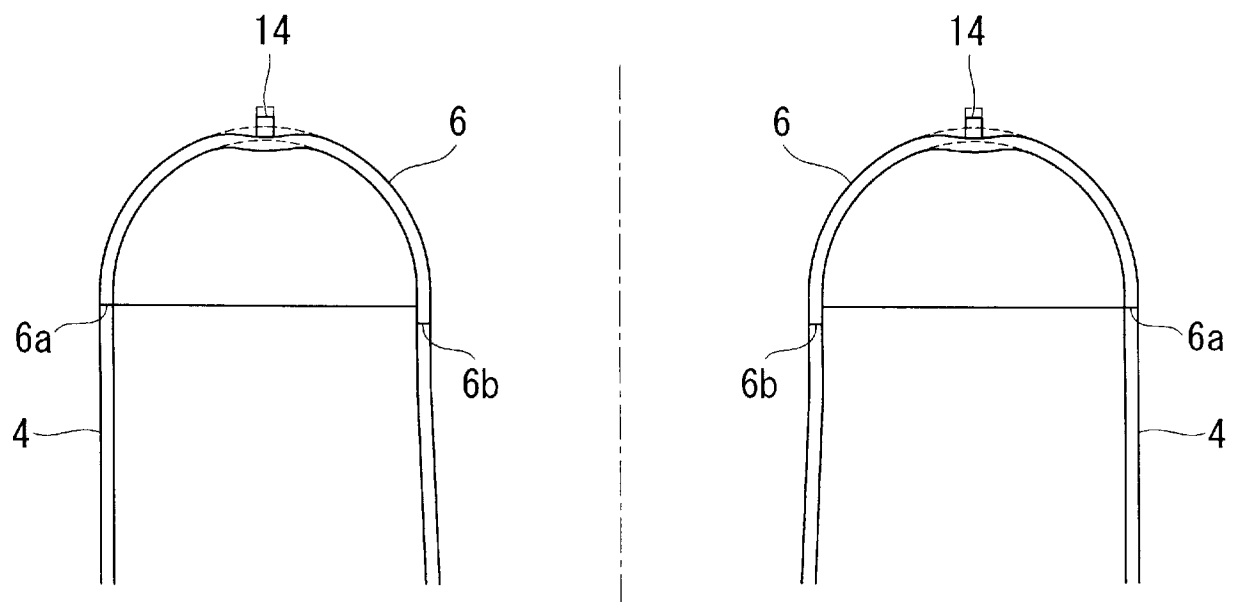
[図5]



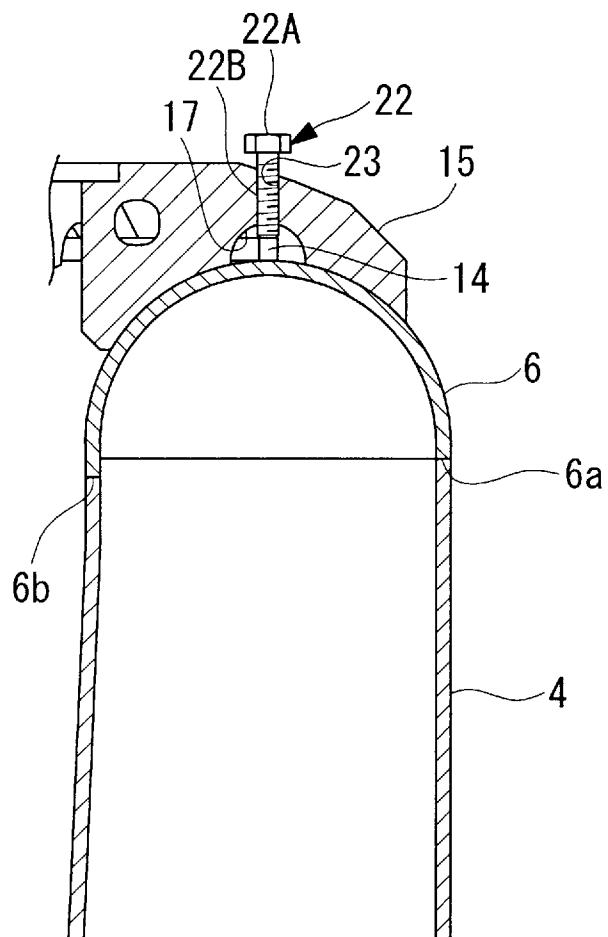
[図6]



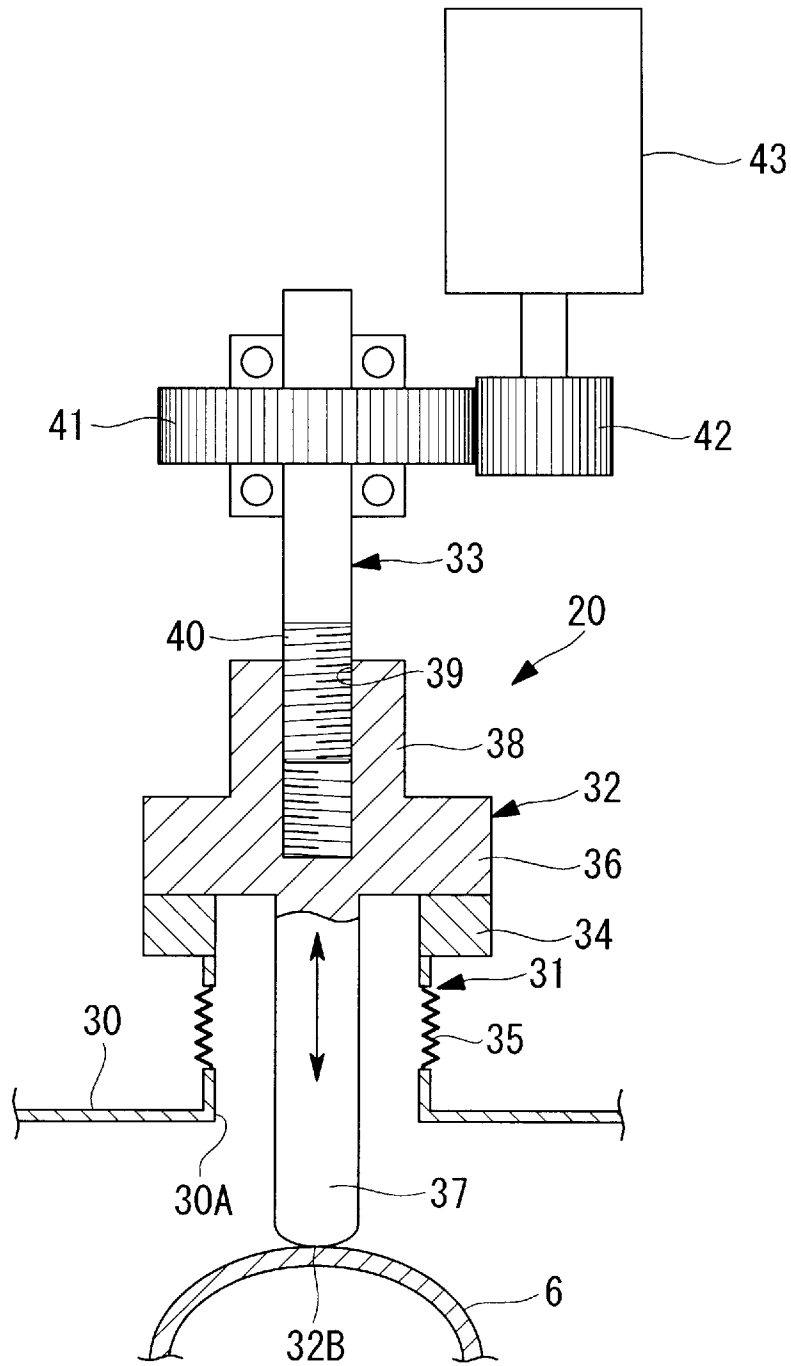
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/017207

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Takahiro INAGAKI, "Daidenryoku Koshuhagen", OHO'13 Ko Energy Kasokuki Seminar Text, Ko Energy Kasokuki Seminar Jimukyoku, 23 July 2013 (23.07.2013)	1, 4-8 2-3, 9
Y	JP 2008-117667 A (Inter-University Research Institute Corporation High Energy Accelerator Research Organization), 22 May 2008 (22.05.2008), paragraphs [0026] to [0042]; fig. 1 to 4 (Family: none)	2-3, 9
A	JP 3-15199 A (Mitsubishi Electric Corp.), 23 January 1991 (23.01.1991), 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:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 July 2017 (07.07.17)	Date of mailing of the international search report 25 July 2017 (25.07.17)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

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 1971-2017年 日本国実用新案登録公報 1996-2017年 日本国登録実用新案公報 1994-2017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） JSTPlus (JDreamIII)		
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	稲垣 隆宏, 大電力高周波源, OH0'13 高エネルギー加速器セミナー テキスト, 高エネルギー加速器セミナー事務局, 2013.07.23	1、4-8
Y		2-3、9
Y	JP 2008-117667 A (大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構) 2008.05.22, 第[0026] - [0042] 段落および第1-4図 (ファミリーなし)	2-3、9
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input 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 「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 07.07.2017	国際調査報告の発送日 25.07.2017	
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) 藤本 加代子 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	2G 4458

C (続き) . 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, 全文および全図 (ファミリーなし)	1-9