

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-187986
(P2020-187986A)

(43) 公開日 令和2年11月19日(2020.11.19)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード(参考)
 H05H 7/18 (2006.01) H05H 7/18 2G085
 H05H 13/04 (2006.01) H05H 13/04 D

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2019-93924(P2019-93924)
 (22) 出願日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(71) 出願人 309036221
 三菱重工機械システム株式会社
 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号
 (71) 出願人 504151365
 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
 茨城県つくば市大穂1番地1
 (74) 代理人 110002147
 特許業務法人酒井国際特許事務所
 (72) 発明者 森 紳悟
 茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

最終頁に続く

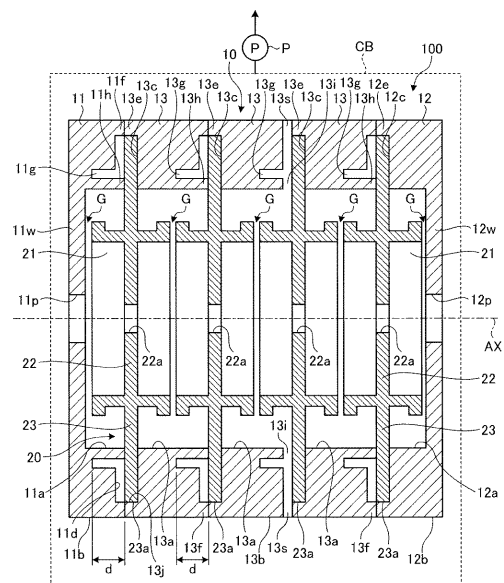
(54) 【発明の名称】 加速空洞

(57) 【要約】

【課題】 導電損失を低減して電力効率を高めつつ、共振周波数の調整が容易な加速空洞を提供する。

【解決手段】 加速空洞は、導電性を有する筒形状の筐体と、誘電体で形成され、中心部に荷電粒子を通過可能な開口部を有し、前記筐体の中心軸の軸線方向に複数並んだ状態で当該筐体の内部に配置され、それぞれが前記筐体によって前記中心軸の軸線方向に挟持された状態で固定された複数のセルとを備え、前記筐体は、それぞれの前記セルを保持する部分に設けられ、前記セルを伝播する高周波の加速モードにおける波長の4分の1の深さの溝部を有する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導電性を有する筒形状の筐体と、

誘電体で形成され、中心部に荷電粒子を通過可能な開口部を有し、前記筐体の中心軸の軸線方向に複数並んだ状態で当該筐体の内部に配置され、それぞれが前記筐体によって前記中心軸の軸線方向に挟持された複数のセルと

を備え、

前記筐体は、それぞれの前記セルを保持する部分に設けられ、前記セルを伝播する高周波の加速モードにおける波長の4分の1の深さの溝部を有する

加速空洞。

10

【請求項 2】

前記筐体は、当該筐体を構成する複数の筐体部材が前記中心軸の軸線方向に接合されて形成され、隣り合う2つの前記筐体部材によって1つの前記セルが挟持される

請求項 1 に記載の加速空洞。

【請求項 3】

複数の前記筐体部材は、電子ビーム溶接又は電鍍によって接合された状態である

請求項 2 に記載の加速空洞。

【請求項 4】

前記複数のセルは、それぞれの前記セル同士が前記中心軸の軸線方向に間隔を空けて配置される

20

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の加速空洞。

【請求項 5】

前記筐体は、内部と外部とを中心軸に直交する放射方向について連通する連通部を有する

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の加速空洞。

【請求項 6】

前記連通部は、前記筐体の外周方向に沿ってスリット状に形成される

請求項 5 に記載の加速空洞。

【請求項 7】

前記セルは、一部が前記連通部を介して前記筐体の外部に露出した状態で配置され、

30

前記セルのうち前記連通部に露出する部分の表面を覆うカバー部と、

前記カバー部に接触して配置され、内部に冷却媒体を流通させる流路部材と

を更に備える請求項 5 に記載の加速空洞。

【請求項 8】

前記中心軸に直交する方向の内側に向けて前記セルに対して弾性力を付与する弾性変形部を更に備える

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の加速空洞。

【請求項 9】

前記弾性変形部は、前記筐体の一部である

請求項 8 に記載の加速空洞。

40

【請求項 10】

前記筐体の内部に設けられ、前記筐体の内部の異物を除去するゲッター材を更に備える

請求項 1 から請求項 9 のいずれか一項に記載の加速空洞。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速空洞に関する。

【背景技術】

【0002】

高周波加速空洞は、高周波が入力されることで内部に加速電界を発生させ、電子等の荷

50

電粒子を加速させる。特許文献 1 では、加速エネルギーとなる高周波の大部分を高周波損失の小さい誘電体の中に保持することにより、導電損失を低減し、電力効率を高める加速空洞について記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2017 - 117730 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

特許文献 1 に記載の加速空洞では、導電体からなる筐体の内部に誘電体のセルを積み上げることで配置する構成である。この構成では、セルの寸法誤差等により、高周波の共振周波数の調整が難しくなる可能性がある。そのため、導電損失を低減して電力効率を高めつつ、共振周波数の調整が容易な構成が求められる。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、導電損失を低減して電力効率を高めつつ、共振周波数の調整が容易な加速空洞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】

【0006】

本発明に係る加速空洞は、導電性を有する筒形状の筐体と、誘電体で形成され、中心部に荷電粒子を通過可能な開口部を有し、前記筐体の中心軸の軸線方向に複数並んだ状態で当該筐体の内部に配置され、それぞれが前記筐体によって前記中心軸の軸線方向に挟持された状態で固定された複数のセルとを備え、前記筐体は、それぞれの前記セルを保持する部分に設けられ、前記セルを伝播する高周波の加速モードにおける波長の 4 分の 1 の深さの溝部を有する。

20

【0007】

したがって、複数のセルが筐体によって中心軸の軸線方向に挟持された状態で固定されるため、筐体内におけるセルの配置を最適な位置で安定させることができる。このため、共振周波数の調整を容易に行うことができる。また、筐体において、それぞれのセルを保持する部分には、セルを伝播する高周波の加速モードにおける波長の 4 分の 1 の深さの溝部が設けられるため、セルを伝播して外側に向かう加速モードの高周波は、溝部において反射された高周波との間で打ち消し合うことになる。つまり、溝部は、加速モードの周波数における高周波に対して短絡面として振る舞うことになる。この構成により、加速空洞において、高周波が筐体の外側に漏出することを抑制できる。よって、導電損失を低減して電力効率を高めつつ、共振周波数の調整が容易な加速空洞が得られる。

30

【0008】

また、前記筐体は、当該筐体を構成する複数の筐体部材が前記中心軸の軸線方向に接合されて形成され、隣り合う 2 つの前記筐体部材によって 1 つの前記セルが挟持されてもよい。

【0009】

したがって、筐体において中心軸の軸線方向にセルを容易かつ確実に固定することができる。

40

【0010】

また、複数の前記筐体部材は、電子ビーム溶接又は電鋳によって接合された状態であってもよい。

【0011】

したがって、少ない入熱量により、寸法変化を抑制しつつ、筐体部材同士を確実に接合することができる。また、筐体部材同士の接合が強固となるため、熱伝導が促進され、筐体の一部を冷却することで、全体の温度調整を行うことが可能となる。

【0012】

50

また、前記複数のセルは、それぞれの前記セル同士が前記中心軸の軸線方向に間隔を空けて配置されてもよい。

【0013】

したがって、筐体の内部においてセルの内外が連通された状態となる。したがって、セルの内部の排気を容易に行うことが可能となる。例えば、筐体内部のセルの円筒部分が多重構造となる場合において、筐体の内部でセルの内外が連通された状態とすることができるため、排気が容易となる。

【0014】

また、前記筐体は、内部と外部とを中心軸に直交する放射方向について連通する連通部を有してもよい。

【0015】

したがって、連通部を介して筐体の内部の排気を容易に行うことが可能となる。

【0016】

また、前記連通部は、前記筐体の外周方向に沿ってスリット状に形成されてもよい。

【0017】

したがって、筐体の外周方向に沿った範囲に亘って排気を行うことができる。

【0018】

また、前記セルは、一部が前記連通部を介して前記筐体の外部に露出した状態で配置され、前記セルのうち前記連通部に露出する部分の表面を覆うカバー部と、前記カバー部に接触して配置され、内部に冷却媒体を流通させる流路部材とを更に備えてもよい。

【0019】

したがって、セルを容易に冷却することができる。

【0020】

また、前記中心軸に直交する方向の内側に向けて前記セルに対して弾性を付与する弾性変形部を更に備えてもよい。

【0021】

したがって、筐体とセルとの間に熱膨張率の差がある場合でも、熱変形による筐体とセルとの間の相対的な位置ずれを吸収することができる。

【0022】

また、前記弾性変形部は、前記筐体の一部であってもよい。

【0023】

したがって、別途弾性変形部材を用いることなく、熱変形による筐体とセルとの間の相対的な位置ずれを吸収することができる。

【0024】

また、前記筐体の内部に設けられ、前記筐体の内部の異物を除去するゲッター材を更に備えてもよい。

【0025】

したがって、筐体の内部の異物を容易に除去することができる。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、導電損失を低減して電力効率を高めつつ、共振周波数の調整が容易な加速空洞を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】図1は、第1実施形態に係る加速空洞の一例を示す断面斜視図である。

【図2】図2は、本実施形態に係る加速空洞の一例を示す断面図である。

【図3】図3は、胴体部材の一例を示す斜視図である。

【図4】図4は、図3の胴体部材について中心軸AXを通る平面による断面構成の一例を示す図である。

【図5】図5は、第2実施形態に係る加速空洞の一例を示す断面図である。

【図 6】図 6 は、第 3 実施形態に係る加速空洞の一例を示す断面図である。

【図 7】図 7 は、本実施形態に係るスプリング部の一例を示す斜視図である。

【図 8】図 8 は、第 4 実施形態に係る加速空洞の一例を示す断面図である。

【図 9】図 9 は、第 5 実施形態に係る加速空洞の一例を示す断面図である。

【図 10】図 10 は、第 6 実施形態に係る加速空洞の一例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明に係る加速空洞の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

10

【0029】

[第 1 実施形態]

図 1 は、第 1 実施形態に係る加速空洞 100 の一例を示す斜視断面図である。図 1 では、中心軸を通る平面で加速空洞 100 を切断した断面を示している。図 1 に示す加速空洞 100 は、高周波が入力されることで内部に加速電界を発生させ、線源 B S から出射される電子等の荷電粒子 M を加速させる。加速空洞 100 及び線源 B S を用いて、加速器 A C が構成される。加速器 A C は、例えば高エネルギー物理学実験や放射光施設などの学術分野、放射線治療又は検査などの医療分野、非破壊検査などの工業分野等の各種分野において用いられる。なお、以下の説明において、加速空洞 100 における方向のうち中心軸 A X の軸線方向を説明する場合、線源 B S 側（荷電粒子 M が入射する側）を入射側と表記し、入射側の反対側（荷電粒子が射出する側）を射出側と表記する。

20

【0030】

加速空洞 100 は、筐体 10 と、複数のセル 20 とを備える。筐体 10 は、例えば無酸素銅などの純金属、ステンレスに銀メッキまたは銅メッキが施された材料等、導電性を有する材料を用いて円筒状に形成される。このように形成することにより、筐体 10 の表面は、導電性が確保される。

【0031】

筐体 10 は、中心軸 A X の軸線方向に並ぶ複数の筐体部材（11、12、13）が接合された構成である。筐体部材は、線源 B S からの荷電粒子 M が入射する入射側部材 11 と、荷電粒子 M が射出される射出側部材 12 と、入射側部材 11 と射出側部材 12 との間に配置される複数の胴体部材 13 とを有する。

30

【0032】

入射側部材 11 は、例えば円筒状であり、筐体 10 の中心軸 A X の軸線方向のうち入射側（線源 B S 側）の端部に壁部 11 w が設けられる。入射側部材 11 は、壁部 11 w のうち筐体 10 の中心軸 A X を含む部分に円形状の開口部 11 p を有する。開口部 11 p は、筐体 10 に入射される荷電粒子 M が通過する。入射側部材 11 は、内周面 11 a 及び外周面 11 b を有する。内周面 11 a は、後述する射出側部材 12 の内周面 12 a 及び胴体部材 13 の内周面 13 a と面一状態となるように形成される。また、外周面 11 b は、後述する射出側部材 12 の外周面 12 b 及び胴体部材 13 の外周面 13 b と面一状態となるように形成される。なお、内周面 11 a と、射出側部材 12 の内周面 12 a 及び胴体部材 13 の内周面 13 a との間は、面一状態ではなくてもよい。また、外周面 11 b と、射出側部材 12 の外周面 12 b 及び胴体部材 13 の外周面 13 b との間は、面一状態ではなくてもよい。

40

【0033】

射出側部材 12 は、例えば円筒状であり、筐体 10 の中心軸 A X の軸線方向のうち射出側の端部に壁部 12 w が設けられる。射出側部材 12 は、壁部 12 w のうち筐体 10 の中心軸 A X を含む部分に円形状の開口部 12 p を有する。開口部 12 p は、筐体 10 から射出される荷電粒子 M が通過する。射出側部材 12 は、内周面 12 a 及び外周面 12 b を有する。

【0034】

50

図3は、胴体部材13の一例を示す斜視図である。図4は、図3の胴体部材13について中心軸AXを通る平面による断面構成の一例を示す図である。図3及び図4に示すように、胴体部材13は、内周面13aと、外周面13bと、入射側端面13cと、出射側端面13dと、入射側突出部13eと、出射側突出部13fと、溝部13gと、凸部13hとを有する。

【0035】

内周面13a及び外周面13bは、例えば円筒面であり、中心軸が筐体10の中心軸AXと一致するように設けられる。入射側端面13cは、中心軸AXの軸線方向の入射側の端面である。出射側端面13dは、中心軸AXの軸線方向の出射側の端面である。入射側端面13c及び出射側端面13dは、例えば平面状である。

10

【0036】

入射側突出部13eは、入射側端面13cの外周部分に設けられる。入射側突出部13eは、周方向の一周に亘って形成される。入射側突出部13eは、入射側端面13cに対して段状に設けられ、内側面13jを形成する。出射側突出部13fは、出射側端面13dの外周部分に設けられる。出射側突出部13fは、周方向について、例えば所定のピッチで設けられる。このため、軸対称性を維持しつつ出射側突出部13fを配置可能となる。出射側突出部13fは、出射側端面13dに対して段状に設けられる。

【0037】

溝部13gは、出射側端面13dに円環状に設けられる。溝部13gは、出射側端面13dから入射側に向けて深さd(図2参照)となるように形成される。この深さdは、加速空洞100に入力される高周波の加速モードにおける波長の4分の1の深さとなるように設定される。したがって、筐体10の内部からセル20を伝播して外側に向かう加速モードの高周波は、溝部13gにおいて反射され、位相が波長の2分の1だけずれた状態となる。このため、セル20を伝播して外側に向かう加速モードの高周波は、溝部13gにおいて反射された高周波との間で打ち消し合うことになる。つまり、溝部13gは、加速モードの周波数における高周波に対して短絡面として振る舞うことになる。この構成により、加速空洞100において、高周波が筐体10の外側に漏出することを抑制できる。なお、溝部13gは、入射側端面13cに設けられてもよい。また、溝部13gを入射側端面13cに設けるか、出射側端面13dに設けるかについては、胴体部材13毎に個別に設定することができる。

20

30

【0038】

凸部13hは、出射側端面13dの内周部分に設けられる。凸部13hは、周方向について、所定のピッチで設けられる。例えば、中心軸AXを中心とした回転方向について、出射側突出部13fの位相と対応する位相の範囲に凸部13hを設けることができる。このため、軸対称性を維持しつつ凸部13hを配置可能となる。

【0039】

胴体部材13同士が接合される場合、出射側突出部13fは、入射側突出部13eと接触した状態となる。この状態において、隣り合う胴体部材13の入射側端面13c、入射側突出部13e、出射側端面13d及び出射側突出部13fで囲まれた部分には、後述するセル20の円環部23を収容するための空間が形成される。また、出射側端面13dの外周部分のうち周方向について出射側突出部13fの間の部分には、スリット部13sが形成される。スリット部13sは、外周面13bの周方向に沿って形成される。また、凸部13hは、入射側端面13cとの間に間隔を空けて対向する。凸部13hと入射側端面13cとの間には、後述するセル20の円環部23が挟持される。周方向について凸部13h同士の間部分には、凹部13iが形成される。凹部13iは、上記したスリット部13sと連通される。したがって、凹部13i及びスリット部13sにより、胴体部材13の内周側と外周側とが連通される。凹部13i及びスリット部13sは、胴体部材13の内部と外部とを中心軸AXに直交する放射方向について連通する連通部を構成する。

40

【0040】

なお、入射側部材11における出射側端部の構成は、胴体部材13の出射側端部の構成

50

と同様である。つまり、入射側部材 1 1 は、出射側端部において、出射側端面 1 1 d と、出射側突出部 1 1 f と、溝部 1 1 g と、凸部 1 1 h とを有する。また、出射側部材 1 2 における入射側端部の構成は、胴体部材 1 3 の入射側端部の構成と同様である。つまり、出射側部材 1 2 は、入射側端部において、入射側端面 1 2 c と、入射側突出部 1 2 e とを有する。入射側部材 1 1 における出射側の構成及び出射側部材 1 2 における入射側の構成については、上記胴体部材 1 3 の説明が援用可能である。

【 0 0 4 1 】

したがって、溝部 1 1 g は、出射側端面 1 1 d から入射側に向けて深さ d (図 2 参照) となるように形成される。溝部 1 1 g の深さ d は、溝部 1 3 g の深さ d と同一の値とすることができる。

【 0 0 4 2 】

入射側部材 1 1 と胴体部材 1 3 とが接合される場合、入射側部材 1 1 の出射側突出部 1 1 f は、入射側突出部 1 3 e と接触した状態となる。この状態において、出射側端面 1 1 d、出射側突出部 1 1 f と、入射側端面 1 3 c、入射側突出部 1 3 e とで囲まれた部分には、後述するセル 2 0 の円環部 2 3 を収容するための空間が形成される。また、出射側端面 1 1 d の外周部分のうち周方向について出射側突出部 (不図示) の間の部分には、スリット部 (不図示) が形成される。スリット部 1 3 s は、外周面 1 3 b の周方向に沿って形成される。また、凸部 1 1 h は、入射側端面 1 3 c との間に間隔を空けて対向する。凸部 1 1 h と入射側端面 1 3 c との間には、後述するセル 2 0 の円環部 2 3 が挟持される。周方向について凸部 1 1 h 同士の間部分には、凹部 (不図示) が形成される。凹部 (不図示) は、上記したスリット部と連通される。したがって、凹部 1 1 i 及びスリット部 1 3 s により、入射側部材 1 1 及び胴体部材 1 3 の内周側と外周側とが連通される。

【 0 0 4 3 】

同様に、胴体部材 1 3 と出射側部材 1 2 とが接合される場合、胴体部材 1 3 の出射側突出部 1 3 f は、出射側部材 1 2 の入射側突出部 1 2 e と接触した状態となる。この状態において、胴体部材 1 3 の出射側端面 1 3 d、出射側突出部 1 3 f と、出射側部材 1 2 の入射側端面 1 2 c、入射側突出部 1 2 e とで囲まれた部分には、後述するセル 2 0 の円環部 2 3 を収容するための空間が形成される。また、出射側端面 1 3 d の外周部分のうち周方向について出射側突出部 1 3 f の間の部分には、スリット部 1 3 s が形成される。スリット部 1 3 s は、外周面 1 3 b の周方向に沿って形成される。また、凸部 1 3 h は、入射側端面 1 2 c との間に間隔を空けて対向する。凸部 1 3 h と入射側端面 1 2 c との間には、後述するセル 2 0 の円環部 2 3 が挟持される。周方向について凸部 1 3 h 同士の間部分には、凹部 1 3 i が形成される。凹部 1 3 i は、上記したスリット部 1 3 s と連通される。したがって、凹部 1 3 i 及びスリット部 1 3 s により、胴体部材 1 3 及び出射側部材 1 2 の内周側と外周側とが連通される。なお、凸部 1 3 h は、円環部 2 3 との間に間隔をあけた状態となるように設けられてもよい。この場合、円環部 2 3 は、入射側端面 1 2 c に接合される。

【 0 0 4 4 】

複数のセル 2 0 は、中心軸 A X の軸線方向に並んでいる。それぞれのセル 2 0 は、円筒部 2 1 と、円板部 2 2 と、円環部 2 3 とを有する。セル 2 0 は、誘電体で形成され、表面には金属コーティングなどを施さずに用いられる。なお、セル 2 0 は、表面において局所的な金属コーティング又は誘電体コーティングが施されてもよい。セル 2 0 に用いられる誘電体は、誘電損失が低い誘電体であり、例えばアルミナやサファイアなどのセラミックスである。

【 0 0 4 5 】

円筒部 2 1 は、中心軸が筐体 1 0 の中心軸 A X と同軸上となるように配置される。円筒部 2 1 は、胴体部材 1 3 の内周面 1 3 a よりも径が小さい。このため、円筒部 2 1 は、胴体部材 1 3 の内側に収容される。円筒部 2 1 の径は、全てのセル 2 0 において同一であってもよいし、中心軸 A X の軸線方向の端部側のセル 2 0 における円筒部 2 1 の径が、中央側の円筒部 2 1 の径よりも大きく設定されるなど、セル 2 0 毎に異なってもよい。中心軸

10

20

30

40

50

A Xの軸線方向に隣り合うセル20の円筒部21同士の間には、間隔Gが設けられる。つまり、複数のセル20は、それぞれのセル20が中心軸A Xの軸線方向に間隔Gを空けて配置される。また、中心軸A Xの軸線方向の両端に配置されるセル20は、それぞれ入射側部材11及び出射側部材12との間に間隔Gを空けて配置される。このため、筐体10の内部において、円筒部21の内側と外側とが連通された状態となっている。

【0046】

円板部22は、円筒部21の内側に配置される。円板部22は、中心軸A Xの軸線方向について円筒部21の中央部に配置される。円板部22は、中心軸A Xを含む部分に円形状の開口部22aを有する。開口部22aは、荷電粒子Mが通過する。開口部22aの直径は、円筒部21の直径よりも小さい。円板部22の面上に対して垂直方向に円筒部21

10

【0047】

円環部23は、円筒部21の外側に配置される。円環部23は、中心軸A Xの軸線方向について円筒部21の中央部に配置される。円環部23は、中心軸A Xの軸線方向の厚さが円板部22と同様である。したがって、円板部22及び円環部23は、円筒部21を介して平板状に形成された構成である。

【0048】

円環部23は、筐体10のうち中心軸A Xの軸線方向に隣り合う2つの筐体部材同士の間挟持される。中心軸A Xの軸線方向の両端に配置されるセル20の円環部23は、入射側部材11の凸部11hと胴体部材13の入射側端面13dとの間、又は胴体部材13の凸部13hと出射側部材12の入射側端面21dとの間に挟持される。また、中心軸A Xの軸線方向の中央側に配置されるセル20の円環部23は、胴体部材13同士の間、つまり胴体部材13の凸部13hと胴体部材13の入射側突出部13eとの間に挟持される。この構成により、筐体10のうち隣り合う筐体部材によって1つのセル20が挟持される。また、本実施形態において、円環部23の外周面23aは、入射側突出部13eの内側面13jに支持されている。

20

【0049】

上記した加速空洞100は、通過する荷電粒子Mのビーム軸の近傍に加速方向の電場が形成される。セル20の円板部22の板面がビーム軸に対して垂直方向になるように、当該円板部22が円筒部21の内側に設置される。これにより、円板部22の開口部22aの内側で、ビーム軸の延在方向に加速電場を集中させることが可能であるため、シャントインピーダンスを上げることができる。

30

【0050】

上記のように構成される加速空洞100は、例えばチャンバCB内に収容され、ポンプPによって減圧可能となっている。ポンプPによりチャンバCB内を減圧することにより、加速空洞100の内部が減圧される。本実施形態の加速空洞100では、例えばセル20の円筒部21の内部については、筐体10の開口部11p及び開口部12pを介して排気される。また、例えばセル20の円筒部21の外部については、筐体10の凹部13i及びスリット部13sを介して排気される。なお、本実施形態では、隣り合うセル20の円筒部21同士が間隔Gを空けて配置されるため、セル20の円筒部21の内部については、当該間隔Gから凹部13i及びスリット部13sを介して排気することができる。このため、軸対称性を維持しつつ、排気を行うことができる。

40

【0051】

以上のように、本実施形態に係る加速空洞100は、導電性を有する筒形状の筐体10と、誘電体で形成され、中心部に荷電粒子Mを通過可能な開口部22aを有し、筐体10の中心軸A Xの軸線方向に複数並んだ状態で当該筐体10の内部に配置され、それぞれが筐体10によって中心軸A Xの軸線方向に挟持された状態で固定された複数のセル20とを備え、筐体10は、それぞれのセル20を保持する部分に設けられ、セル20を伝播する高周波の加速モードにおける波長の4分の1の深さの溝部13gを有する。

【0052】

50

したがって、複数のセル 20 が筐体 10 によって中心軸 AX の軸線方向に挟持された状態で固定されるため、筐体 10 内におけるセル 20 の配置を最適な位置で安定させることができる。このため、共振周波数の調整を容易に行うことができる。また、筐体 10 において、それぞれのセル 20 を保持する部分には、セル 20 を伝播する高周波の加速モードにおける波長の 4 分の 1 の深さの溝部 13g が設けられるため、セル 20 を伝播して外側に向かう加速モードの高周波は、溝部 13g において反射された高周波との間で打ち消し合うことになる。つまり、溝部 13g は、加速モードの周波数における高周波に対して短絡面として振る舞うことになる。この構成により、加速空洞 100 において、高周波が筐体 10 の外側に漏出することを抑制できる。よって、導電損失を低減して電力効率を高めつつ、共振周波数の調整が容易な加速空洞 100 が得られる。

10

【0053】

また、筐体 10 は、当該筐体 10 を構成する複数の筐体部材 (11、12、13) が中心軸 AX の軸線方向に接合されて形成され、隣り合う 2 つの筐体部材 (11、12、13) によって 1 つのセル 20 が挟持されてもよい。したがって、筐体 10 において中心軸 AX の軸線方向にセル 20 を容易かつ確実に固定することができる。

【0054】

また、複数のセル 20 は、それぞれのセル 20 同士が中心軸 AX の軸線方向に間隔 G を空けて配置されてもよい。したがって、筐体 10 の内部においてセル 20 の内外が連通された状態となる。したがって、セル 20 の内部の排気を容易に行うことが可能となる。例えば、筐体 10 の内部が多重構造となる場合において、筐体 10 の内部でセル 20 の内外が連通された状態とすることができるため、排気が容易となる。

20

【0055】

また、筐体 10 は、内部と外部とを中心軸 AX に直交する放射方向について連通する連通部を有してもよい。したがって、連通部を介して筐体 10 の内部の排気を容易に行うことが可能となる。

【0056】

また、連通部は、筐体 10 の外周方向に沿ってスリット状に形成されてもよい。したがって、筐体 10 の外周方向に沿った範囲に亘って排気を行うことができる。

【0057】

[第2実施形態]

図 5 は、第 2 実施形態に係る加速空洞 200 の一例を示す断面図である。図 5 は、加速空洞 200 の断面の一部を示している。図 5 に示すように、加速空洞 200 は、筐体 110 及び複数のセル 20 を有する。筐体 110 は、胴体部材 13 において、内周側から外周側を連通する連通部 13t を有する。連通部 13t は、胴体部材 13 の内周面と外周面との間を貫通して設けられる。

30

【0058】

複数のセル 20 においては、円環部 23 が連通部 13t 内に配置される。円環部 23 の外周面 23a は、連通部 13t を介して筐体 10 の外部に露出した状態で配置される。外周面 23a 上は、カバー部 30 が配置される。カバー部 30 は、セル 20 のうち連通部 13t を介して外部に露出する部分の表面である外周面 23a を覆う位置に配置される。したがって、外周面 23a は、連通部 13t を介して筐体 10 の外部に露出されるが、カバー部 30 で覆われた状態となっている。カバー部 30 は、例えば金属材料等、熱伝導率が高い材料を用いて形成される。カバー部 30 上には、流路部材 40 が配置される。流路部材 40 は、内部に水等の冷却媒体 41 を流通させる。他の構成については、第 1 実施形態の加速空洞 100 と同様である。

40

【0059】

このように、第 2 実施形態に係る加速空洞 200 は、セル 20 の一部を筐体 10 の外部に露出させる位置に配置され、セル 20 のうち連通部に露出する部分の表面を覆うカバー部 30 と、カバー部 30 に接触して配置され、内部に冷却媒体 41 を流通させる流路部材 40 とを更に備える。流路部材 40 内を流通する冷却媒体 41 により、カバー部 30 を介

50

して円環部 2 3 が冷却される。したがって、セル 2 0 を容易に冷却することができる。

【 0 0 6 0 】

[第 3 実施形態]

図 6 は、第 3 実施形態に係る加速空洞 3 0 0 の一例を示す断面図である。図 6 に示すように、加速空洞 3 0 0 は、筐体 2 1 0 及び複数のセル 2 0 を有する。筐体 2 1 0 は、出射側部材 1 2 における入射側突出部 1 2 e の内側面 1 2 j とセル 2 0 における円環部 2 3 の外周面 2 3 a との間に空間 1 2 k が設けられる。また、筐体 2 1 0 は、胴体部材 1 3 における入射側突出部 1 3 e の内側面 1 3 j とセル 2 0 における円環部 2 3 の外周面 2 3 a との間に、空間 1 3 k が設けられる。空間 1 2 k 及び空間 1 3 k には、スプリング部（弾性変形部）5 0 が配置される。

10

【 0 0 6 1 】

図 7 に示すように、スプリング部 5 0 は、円環状に形成され、基部 5 1 と、内周部 5 2 と、外周部 5 3 とを有する。スプリング部 5 0 は、基部 5 1 が出射側部材 1 2 の入射側端面 1 2 c、又は胴体部材 1 3 の入射側端面 1 3 c に接触し、内周部 5 2 がセル 2 0 の円環部 2 3 の外周面 2 3 a に接触し、外周部 5 3 が入射側突出部 1 3 e の内側面 1 3 j に接触した状態で配置される。他の構成については、第 1 実施形態の加速空洞 1 0 0 と同様である。

【 0 0 6 2 】

このように、第 3 実施形態に係る加速空洞 3 0 0 は、中心軸 A X に直交する方向の内側に向けてセル 2 0 に対して弾性力を付与する弾性変形部としてスプリング部 5 0 を更に備える。したがって、筐体 1 0 とセル 2 0 との間に熱膨張率の差がある場合でも、熱変形による筐体 1 0 とセル 2 0 との間の相対的な位置ずれを吸収することができる。なお、弾性変形部としては、スプリング部 5 0 に代えて、他の弾性部材が用いられてもよい。

20

【 0 0 6 3 】

[第 4 実施形態]

図 8 は、第 4 実施形態に係る加速空洞 4 0 0 の一例を示す断面図である。図 8 に示すように、加速空洞 4 0 0 は、筐体 1 0 0 及び複数のセル 2 0 を有する。筐体 1 0 0 は、第 3 実施形態において空間 1 2 k、1 3 k に配置されるスプリング部 5 0 に代えて、空間 1 2 m、1 3 m に配置される円筒状片部 1 2 n、1 3 n を弾性変形部として有する構成である。つまり、弾性変形部は筐体 1 0 の一部となっている。他の構成については、第 3 実施形態の加速空洞 3 0 0 と同様である。

30

【 0 0 6 4 】

このように、第 4 実施形態に係る加速空洞 3 0 0 において、筐体 1 0 の一部である円筒状片部 1 2 n、1 3 n が弾性変形部であってもよい。したがって、別途弾性変形部材を用いることなく、熱変形による筐体 1 0 とセル 2 0 との間の相対的な位置ずれを吸収することができる。

【 0 0 6 5 】

[第 5 実施形態]

図 9 は、第 5 実施形態に係る加速空洞 5 0 0 の一例を示す断面図である。図 9 に示すように、加速空洞 5 0 0 は、筐体 4 1 0 及び複数のセル 2 0 を有する。筐体 4 1 0 の内部にゲッター材 6 0 が配置される。ゲッター材 6 0 は、例えば筐体 4 1 0 の内部の異物を吸着して除去する。ゲッター材 6 0 としては、例えば加速空洞 5 0 0 内を排気する場合に残存する水素成分及び酸素成分（水成分）を吸着して除去可能な材料等が用いられる。なお、ゲッター材 6 0 は、例えばチタン等の金属を含んでもよい。ゲッター材 6 0 は、溝部 1 3 g よりも外側の部分に配置されてもよい。

40

【 0 0 6 6 】

このように、第 5 実施形態に係る加速空洞 5 0 0 において、筐体 4 1 0 の内部にゲッター材 6 0 を配置することにより、ゲッター材 6 0 によって筐体の内部の異物を容易に除去することができる。

【 0 0 6 7 】

50

[第 6 実施形態]

図 10 は、第 6 実施形態に係る加速空洞 600 の一例を示す断面図である。図 10 に示すように、加速空洞 600 は、筐体 510 及び複数のセル 20 を有する。筐体 510 は、筐体部材同士の接合部分 14 が、電子ビーム溶接又は電鋳によって接合された状態である。

【 0068 】

このように、第 6 実施形態に係る加速空洞 600 において、複数の筐体部材 (11、12、13) が溶接又は電鋳によって接合された状態である。したがって、少ない入熱量により、寸法変化を抑制しつつ、筐体部材 (11、12、13) 同士を確実に接合することができる。また、筐体部材 (11、12、13) 同士の接合が強固となるため、熱伝導が促進され、筐体 10 の一部を冷却することで、全体の温度調整を行うことが可能となる。

【 0069 】

本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更を加えることができる。例えば、上記実施形態では、筐体 10 において凸部 11h、13h と入射側端面 13c、12c との両方が円環部 23 に接触した状態で円環部 23 を挟持する構成を例に挙げて説明したが、これに限定されない。例えば、円環部 23 を入射側端面 13c、12c に接合させることにより、円環部 23 と凸部 11h、13h との間が離れた状態とすることができる。この場合、凸部 11h、13h が設けられない構成であってもよい。

【 0070 】

また、例えば上記実施形態では、筐体 10 の胴体部材 13 において、凹部 13i 及びスリット部 13s による連通部が設けられた構成を例に挙げて説明したが、これに限定されない。凹部 13i 及びスリット部 13s は、例えば設けられなくてもよい。この場合、開口部 11p 及び開口部 12p を介して筐体 10 の内部を排気することができる。なお、凹部 13i、スリット部 13s を設ける構成とするか、設けない構成とするかについては、胴体部材 13 毎に個別に設定することができる。

【 0071 】

また、上記の加速空洞の一部を冷却する際、流路部材 30 等の外部の設備等を用いる場合を例に挙げて説明したが、これに限定されない。例えば、筐体 10、110、210、310、410、510 の内部に流路を形成し、当該筐体内部の流路に冷媒を流通させる構成であってもよい。

【 0072 】

また、上記各実施形態の構成に対して、例えば胴体部材 13 のうち溝部 13g よりも外側の部分に、フェライト又は SiC 等の電磁波吸収体を設けてもよい。この構成により、荷電粒子 M が加速空洞内を通過する際に励起される電磁波 (航跡場) のうち、加速モードの周波数とは異なる周波数を持つ成分が溝部 13g よりも外側に漏れ出し、電磁場吸収体に吸収されて減衰するため、荷電粒子 M を加速する加速電場への影響が抑制される。したがって、航跡場の影響による荷電粒子 M の広がりや軌道変化などを低減し、荷電粒子 M のビームの品質を高く保つことができる。

【 符号の説明 】

【 0073 】

A C 加速器

A X 中心軸

B S 線源

C B チャンバ

G 間隔

M 荷電粒子

P ポンプ

10, 110, 210, 310, 410, 510 筐体

11 入射側部材

10

20

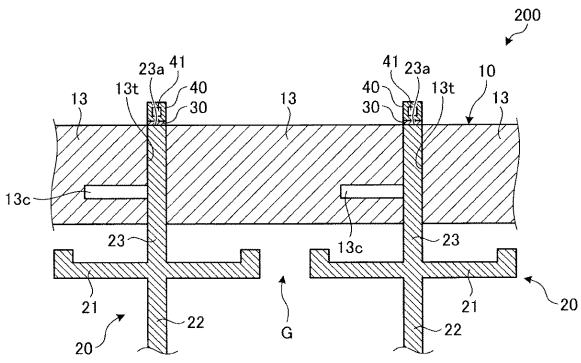
30

40

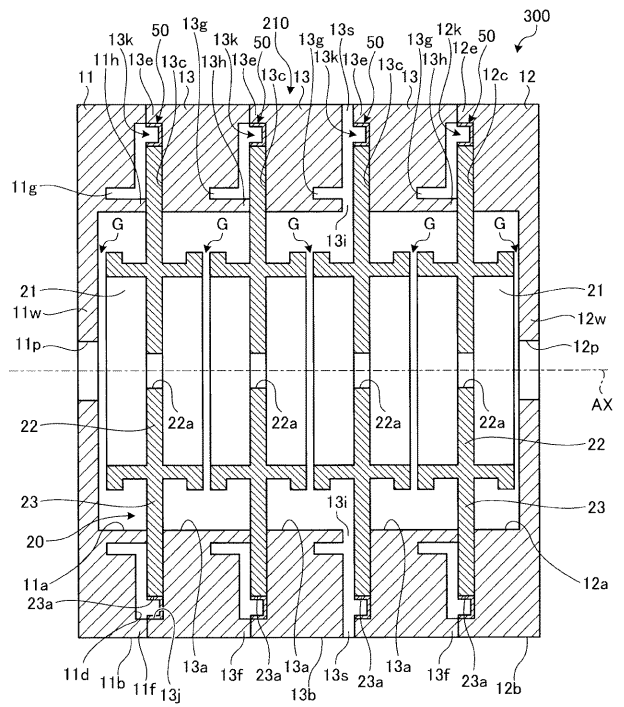
50

1 1 a , 1 2 a , 1 3 a	内周面	
1 1 b , 1 2 b , 1 3 b , 2 3 a	外周面	
1 1 d , 1 3 d	出射側端面	
1 1 f , 1 3 f	出射側突出部	
1 1 g , 1 3 g	溝部	
1 1 h , 1 3 h	凸部	
1 1 i , 1 3 i	凹部	
1 1 p , 1 2 p , 2 2 a	開口部	
1 1 w , 1 2 w	壁部	
1 2	出射側部材	10
1 2 c , 1 3 c , 1 3 d , 2 1 d	入射側端面	
1 2 e , 1 3 e	入射側突出部	
1 2 j , 1 3 j	内側面	
1 2 k , 1 2 m , 1 3 k , 1 3 m	空間	
1 2 n , 1 3 n	円筒状片部	
1 3	胴体部材	
1 3 s	スリット部	
1 3 t	連通部	
1 4	接合部分	
2 0	セル	20
2 1	円筒部	
2 2	円板部	
2 3	円環部	
3 0	カバー部	
4 0	流路部材	
4 1	冷却媒体	
5 0	スプリング部	
5 1	基部	
5 2	内周部	
5 3	外周部	30
6 0	ゲッター材	
1 0 0 , 2 0 0 , 3 0 0 , 4 0 0 , 5 0 0 , 6 0 0	加速空洞	

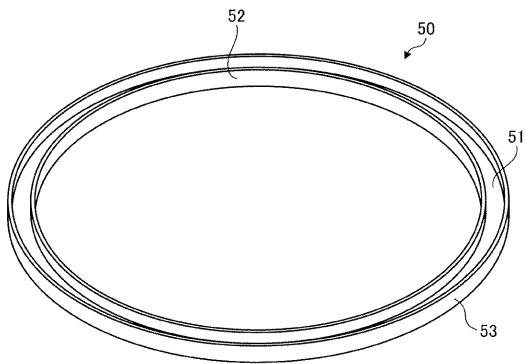
【 図 5 】



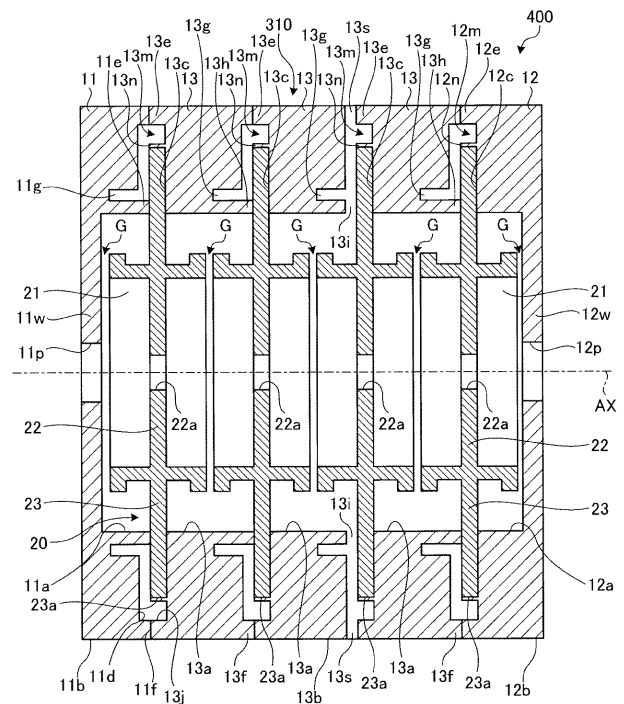
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 光宏

茨城県つくば市大穂 1 番地 1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

(72)発明者 重岡 伸之

兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工機械システム株式会社内

F ターム(参考) 2G085 AA13 BA07 BD03 BD08 BE02 BE05 BE06 EA07