

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6147177号  
(P6147177)

(45) 発行日 平成29年6月14日 (2017. 6. 14)

(24) 登録日 平成29年5月26日 (2017. 5. 26)

(51) Int. Cl.

F I

H05H 1/46 (2006.01)

H05H 1/46 L

H01L 21/265 (2006.01)

H05H 1/46 R

H01L 21/265 G03Z

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-256014 (P2013-256014)  
 (22) 出願日 平成25年12月11日 (2013. 12. 11)  
 (65) 公開番号 特開2015-115172 (P2015-115172A)  
 (43) 公開日 平成27年6月22日 (2015. 6. 22)  
 審査請求日 平成28年2月15日 (2016. 2. 15)

(73) 特許権者 000183196  
 住友重機械イオンテクノロジー株式会社  
 東京都品川区大崎二丁目1番1号  
 (74) 代理人 100105924  
 弁理士 森下 賢樹  
 (74) 代理人 100109047  
 弁理士 村田 雄祐  
 (74) 代理人 100109081  
 弁理士 三木 友由  
 (74) 代理人 100116274  
 弁理士 富所 輝観夫  
 (72) 発明者 二宮 史郎  
 愛媛県西条市今在家1501番地 株式会  
 社 S E N 愛媛事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナカバー及びそれを用いたプラズマ発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ室内の内部に設けられ、当該プラズマ室内に高周波を放射するアンテナの表面を保護するアンテナカバーであって、

前記アンテナは、整合器を介して高周波電源に接続される第1端子および第2端子を備え、前記第1端子を有する第1直線部と、前記第2端子を有する第2直線部と、前記第1直線部と前記第2直線部を接続する曲線部と、により構成されるU字形状を有しており、

前記アンテナカバーは、前記第1直線部の表面を保護する第1直線保護部と、前記第2直線部の表面を保護する第2直線保護部と、前記曲線部の表面を保護する曲線保護部と、を備え、

前記アンテナカバーは、当該アンテナカバーの外表面における電位の空間依存性が低減されるように、前記アンテナの表面に直交する方向のうち少なくとも一方向におけるアンテナカバーの厚さが、当該表面上の位置に応じて異なり、

前記第1直線保護部における前記少なくとも一方向の厚さは、前記第2直線保護部における前記少なくとも一方向の厚さよりも大きいことを特徴とするアンテナカバー。

【請求項 2】

前記少なくとも一方向の厚さが、前記アンテナが延びる方向に沿って変化することを特徴とする請求項 1 に記載のアンテナカバー。

【請求項 3】

前記整合器は、前記第1端子に接続される第1コンデンサと、前記第2端子に接続され

る第2コンデンサとを含み、

前記第1コンデンサの第1容量は、前記第2コンデンサの第2容量よりも小さいことを特徴とする請求項1または2に記載のアンテナカバー。

【請求項4】

前記曲線保護部における前記少なくとも一方向の厚さは、前記第1直線保護部における前記少なくとも一方向の厚さよりも小さいことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載のアンテナカバー。

【請求項5】

前記曲線保護部における前記少なくとも一方向の厚さは、前記第2直線保護部における前記少なくとも一方向の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載のアンテナカバー。

10

【請求項6】

前記アンテナのU字形状が作る面に交差する方向を上下方向とした場合に、当該アンテナの表面のうち、少なくとも上半分または下半分を被覆することを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載のアンテナカバー。

【請求項7】

前記プラズマ室内を前記上下方向に二分するように仕切る区画部をさらに備えることを特徴とする請求項6に記載のアンテナカバー。

【請求項8】

石英( $\text{SiO}_2$ )により構成されることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載のアンテナカバー。

20

【請求項9】

プラズマ室と、

前記プラズマ室の内部に磁場を印加する磁石と、

前記プラズマ室の内部に設けられ、当該プラズマ室内に高周波を放射するアンテナと、

前記アンテナの表面を保護するアンテナカバーと、

を備え、

前記アンテナは、整合器を介して高周波電源に接続される第1端子および第2端子を備え、前記第1端子を有する第1直線部と、前記第2端子を有する第2直線部と、前記第1直線部と前記第2直線部を接続する曲線部と、により構成されるU字形状を有しており、

30

前記アンテナカバーは、前記第1直線部の表面を保護する第1直線保護部と、前記第2直線部の表面を保護する第2直線保護部と、前記曲線部の表面を保護する曲線保護部と、を備え、

前記アンテナカバーは、当該アンテナカバーの外表面における電位の空間依存性が低減されるように、前記アンテナの表面に直交する方向のうち少なくとも一方向におけるアンテナカバーの厚さが、当該表面上の位置に応じて異なり、

前記第1直線保護部における前記少なくとも一方向の厚さは、前記第2直線保護部における前記少なくとも一方向の厚さよりも大きいことを特徴とするプラズマ発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、プラズマ発生装置のアンテナを保護するアンテナカバーに関する。

【背景技術】

【0002】

プラズマ発生装置では、例えば、プラズマ室内のアンテナ近傍に生じるRF電界により、プラズマ電子を加速してプラズマを生成する。このとき、アンテナがプラズマに曝されると、アンテナがスパッタされプラズマの汚染原因となることから、発生するプラズマからアンテナを保護する部材が設けられる。例えば、プラズマ室とアンテナ室との間に仕切り板を設けることによりアンテナが保護される(例えば、特許文献1参照)

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-123467号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

アンテナの保護部材はプラズマに曝されるため、プラズマにより損傷を受けることとなる。仮に、プラズマの影響により消耗されて保護部材に穴があいてしまうと、アンテナが露出してプラズマが汚染されてしまう。保護部材を厚くしたり、プラズマの発生位置からアンテナや保護部材を遠ざけたりすれば、保護部材の消耗を低減させることができるが、

10

【0005】

本発明のある態様の例示的な目的のひとつは、プラズマの生成効率を維持しつつ、プラズマによる消耗の影響を低減させたアンテナカバー及びそれを用いたプラズマ発生装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のある態様によると、プラズマ室の内部に設けられ、当該プラズマ室内に高周波を放射するアンテナの表面を保護するアンテナカバーが提供される。アンテナカバーは、当該アンテナカバーの外表面における電位の空間依存性が低減されるように、アンテナの表面に直交する方向のうち少なくとも一方向におけるアンテナカバーの厚さが、当該表面上の位置に応じて異なる。

20

【0007】

本発明のある態様によると、プラズマ発生装置が提供される。本装置は、プラズマ室と、プラズマ室の内部に磁場を印加する磁石と、プラズマ室の内部に設けられ、当該プラズマ室内に高周波を放射するアンテナと、アンテナの表面を保護するアンテナカバーと、を備える。アンテナカバーは、当該アンテナカバーの外表面における電位の空間依存性が低減されるように、アンテナの表面に直交する方向のうち少なくとも一方向におけるアンテナカバーの厚さが、当該表面上の位置に応じて異なる。

【0008】

30

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、プラズマの生成効率を維持しつつ、プラズマによる消耗の影響を低減させたアンテナカバー及びそれを用いたプラズマ発生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態に係るイオン注入装置を概略的に示す図である。

【図2】実施の形態に係るプラズマ発生装置を概略的に示す図である。

40

【図3】実施の形態に係るアンテナおよびアンテナカバーを示す外観斜視図である。

【図4】比較例に係るアンテナおよびアンテナカバーを模式的に示す図である。

【図5】比較例に係るアンテナカバーの厚さとアンテナカバーの外表面におけるイオンエネルギーの関係を示すグラフである。

【図6】実施の形態に係るアンテナカバーの厚さとアンテナカバーの外表面におけるイオンエネルギーの関係を示すグラフである。

【図7】他の実施の形態に係るプラズマ発生装置を概略的に示す図である。

【図8】他の実施の形態に係るプラズマ発生装置を概略的に示す図である

【図9】他の実施の形態に係るアンテナカバーを示す外観斜視図である。

【図10】他の実施の形態に係るプラズマ発生装置を概略的に示す図である。

50

【図 1 1】実他の施の形態に係るプラズマ発生装置を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。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、重複する説明を適宜省略する。また、以下に述べる構成は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。

【0012】

図 1 は、実施の形態に係るイオン注入装置 100 を概略的に示す図である。イオン注入装置 100 は、被処理物 60 の表面にイオンビーム  $I_B$  を照射して、イオン注入処理をするよう構成されている。被処理物 60 は、筐体 50 の内部に設けられるステージ 52 に固定されており、イオン源（図示せず）からのイオンビーム  $I_B$  が照射される。被処理物 60 は、例えば基板であり、例えばウエハである。

10

【0013】

イオン注入装置 100 は、プラズマ発生装置 10 を備える。プラズマ発生装置 10 は、プラズマ室 12 の内部でプラズマ P を生成し、プラズマ中の電子 e を引き出して筐体 50 の内部に供給する。これにより、イオンビーム  $I_B$  の照射による被処理物 60 の表面の帯電（チャージアップ）を抑制する。

【0014】

プラズマ発生装置 10 は、磁石装置 14 によりプラズマ室 12 の内表面に閉じ込め磁場を形成し、これによりプラズマ電子の散逸を抑制してプラズマ P を維持生成する。アンテナ 20 は、プラズマの生成効率を高めるためにプラズマ P が発生する箇所に配置されることから、プラズマ P からアンテナ 20 を保護するためのアンテナカバー 30 が設けられる。本実施の形態では、アンテナ 20 の表面上の位置に応じて、アンテナカバー 30 の厚さを変えることにより、プラズマ P によるアンテナカバー 30 の局所的な消耗を抑制する。以下、本実施の形態に係るプラズマ発生装置 10 について説明する。

20

【0015】

（第 1 の実施の形態）

プラズマ発生装置 10 は、プラズマ室 12 と、磁石装置 14 と、絶縁部材 16 と、引出開口 18 と、を備える。プラズマ室 12 は、略直方体の箱型形状であり、アルミニウムやステンレス鋼などの非磁性の金属材料で構成される。プラズマ室 12 の内壁には、プラズマ室 12 の内部に磁場を印加するための磁石装置 14 が設けられる。プラズマ室 12 の一面には、内部で生成されたプラズマを引き出すための引出開口 18 が設けられる。

30

【0016】

磁石装置 14 は、プラズマ室 12 の内壁を覆うように取り付けられる。磁石装置 14 は、プラズマ室 12 の内表面に閉じ込め磁場を形成し、これによりプラズマ電子の散逸を抑制してプラズマ P を維持生成させる。磁石装置 14 は、例えば、永久磁石であり、極性の異なる磁石がプラズマ室 12 の内壁に沿って交互に並ぶように配置される。磁石装置 14 の配置や磁力の強さなどにより、プラズマ P が生成される位置が調整される。なお、磁石装置 14 として電磁石などを用いてもよい。また、磁石装置 14 をプラズマ室 12 の外部に配置することとしてもよい。

40

【0017】

絶縁部材 16 は、磁石装置 14 の内側に配置され、プラズマ室 12 および磁石装置 14 をプラズマ P から保護する。また、プラズマ室 12 や磁石装置 14 がプラズマ P によりスパッタされ、プラズマ P が金属粒子などにより汚染されることを防ぐ。絶縁部材 16 は、例えば、石英（ $SiO_2$ ）や、アルミナ（ $Al_2O_3$ ）などのセラミック材料により構成される。

【0018】

プラズマ発生装置 10 は、アンテナ 20 と、アンテナカバー 30 と、を備える。アンテナ 20 は、プラズマ室 12 の内部に設けられ、その中を流れる RF 電流によって励起される RF 電界を表面からある距離の範囲で生じさせる。アンテナ 20 は、U 字形状をしてい

50

る。U形状のアンテナ20の両端には、例えば、13.56MHzの高周波が入力される。

#### 【0019】

アンテナ20の一端は、第1容量Caを有する第1コンデンサ42を介して高周波電源40に接続される。アンテナ20の他端は、第2容量Cbを有する第2コンデンサ44を介して接地される。なお、第1コンデンサ42および第2コンデンサ44は、高周波電源40とのインピーダンス整合に用いられる整合器に対応し、インピーダンス整合に適切なコンデンサの容量Ca、Cbが選択される。なお、本実施の形態では、第1容量Caよりも第2容量Cbが大きい( $C_a < C_b$ である)場合について説明する。

#### 【0020】

アンテナカバー30は、アンテナ20の表面を被覆して、アンテナ20をプラズマPから保護する。アンテナカバー30は、U形状のアンテナ20に対応して、U字の管形状を有する。アンテナカバー30は、石英( $SiO_2$ )や、アルミナ( $Al_2O_3$ )などのセラミック材料により構成され、より好ましくは石英により構成される。

#### 【0021】

図2は、第1の実施の形態に係るプラズマ発生装置10を概略的に示す図であり、図1のX-X線断面を示す。図3は、第1の実施の形態に係るアンテナ20およびアンテナカバー30を示す外観斜視図である。なお、図1は、図2のY-Y線断面を示す。図示されるように、本実施の形態のアンテナカバー30は、U形状のアンテナ20が延びる方向に沿って径方向の厚み( $W_A \sim W_E$ )が変化する構造を有する。ここで、径方向とは、アンテナ20が延びる方向に交差ないし直交する方向であり、アンテナ20の表面に交差ないし直交する方向である。

#### 【0022】

アンテナ20は、第1直線部22aと、第2直線部22bと、円弧状に曲がった曲線部24とを有し、これらによりU形状を構成する。アンテナ20は、棒状ないし中空状の導電性材料、例えば、銅(Cu)やアルミニウム(Al)で構成される。例えば、中空の銅パイプにU字状の曲げ加工を施したもので構成する。また、アンテナ20は、両端に第1端子20aと第2端子20bを有する。第1直線部22aに設けられる第1端子20aは、第1コンデンサ42を介して高周波電源40に接続される、第2直線部22bに設けられる第2端子20bは、第2コンデンサ44を介して接地される。

#### 【0023】

以下の説明において、アンテナ20の表面上の位置を説明するために、A地点、B地点、C地点、D地点、E地点の表現を用いることがある。A地点は、第1直線部22aのうち第1端子20aに近い位置を示し、B地点は、第1直線部22aのうち曲線部24に近く、第1端子20aから離れた位置を示す。C地点は、曲線部24の中央部分の位置を示す。D地点は、第2直線部22bのうち曲線部24に近く、第2端子20bから離れた位置を示す。E地点は、第2直線部22bのうち第2端子20bに近い位置を示す。

#### 【0024】

また、アンテナ20が延びる方向に直交する方向として、内方向、外方向、上方向、下方向の表現を用いることがある。内方向とは、U形状のアンテナ20の内側に向かう方向であり、その反対方向が外方向である。上方向とは、アンテナ20のU形状が作る面に交差する方向のうち引出開口18に向かう方向であり、その反対方向が下方向である。例えば、第1直線部22aが延びる方向を基準とした場合、図3に示すように、第1直線部22aから第2直線部22bに向かう方向が内方向、その反対が外方向である。また、第1直線部22aが延びる方向と内外方向の双方に直交する方向が上下方向であり、そのうち、引出開口18に向かう方向が上方向であり、その反対が下方向である。

#### 【0025】

アンテナカバー30は、第1直線部22aを被覆する第1直線保護部32aと、第2直線部22bを被覆する第2直線保護部32bと、曲線部24を被覆する曲線保護部34とを有する。アンテナカバー30は、第1直線保護部32a、第2直線保護部32b、曲線

10

20

30

40

50

保護部 3 4 が一体的に成型された U 字形状を有する。なお、それぞれの部材が分割され、これらの部材を組み合わせることにより U 字形状のアンテナカバー 3 0 を構成してもよい。

【 0 0 2 6 】

第 1 直線保護部 3 2 a は、A 地点および B 地点を含む第 1 直線部 2 2 a を被覆する中空部材である。第 1 直線保護部 3 2 a は、円錐の頂部から小円錐を取り除いた円錐台の形状を有しており、A 地点を被覆する径方向の厚さ  $W_A$  が、B 地点を被覆する径方向の厚さ  $W_B$  よりも大きい。したがって、第 1 直線保護部 3 2 a は、A 地点から B 地点に向かって径方向の厚さが徐々に小さくなる形状を有する。

【 0 0 2 7 】

第 2 直線保護部 3 2 b は、D 地点および E 地点を含む第 2 直線部 2 2 b を被覆する中空部材である。第 2 直線保護部 3 2 b は、円錐台の形状を有しており、D 地点を被覆する径方向の厚さ  $W_D$  が、E 地点を被覆する径方向の厚さ  $W_E$  よりも大きい。したがって、第 2 直線保護部 3 2 b は、D 地点から E 地点に向かって径方向の厚さが徐々に小さくなる形状を有する。

【 0 0 2 8 】

曲線保護部 3 4 は、C 地点を含む曲線部 2 4 を被覆し、曲線部 2 4 の形状に対応して円弧状（C 字状）に曲がった中空部材である。曲線保護部 3 4 は、C 地点における径方向の厚さ  $W_C$  が、B 地点における径方向の厚さ  $W_B$  よりも小さく、D 地点における径方向の厚さ  $W_D$  よりも大きくなるように形成される。また、曲線保護部 3 4 は、B 地点から D 地点

【 0 0 2 9 】

以上の形状の第 1 直線保護部 3 2 a、第 2 直線保護部 3 2 b、曲線保護部 3 4 を組み合わせることにより、アンテナカバー 3 0 は、アンテナ 2 0 が延びる方向に沿って A 地点から E 地点に向けて径方向の厚さが徐々に小さくなる形状を有する。なお、径方向の厚さの変化の仕方は、線形的であってもよいし、非線形であってもよい。

【 0 0 3 0 】

なお、アンテナカバー 3 0 は、径方向の厚さがそれぞれの地点において等方的となるように形成される。ここで、径方向の厚さが等方的とは、アンテナ 2 0 が延びる方向に直交する方向のうち、異なる複数の方向に対する厚さがほぼ同じであることを意味し、例えば、内外方向それぞれの厚さと、上下方向それぞれの厚さがそれぞれ略等しいことを意味する。

【 0 0 3 1 】

つづいて、アンテナ 2 0 の表面上の位置に応じてアンテナカバー 3 0 の径方向の厚さを異ならせることとした理由について述べる。まず、比較例を用いてプラズマによるアンテナカバーの局所的な消耗について説明する。つづいて、本実施の形態におけるアンテナカバーの局所的消耗を抑制させる効果について説明する。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、比較例に係るアンテナ 2 0 およびアンテナカバー 8 0 を模式的に示す図である。比較例に係るアンテナカバー 8 0 は、本実施の形態と異なり、径方向の厚さ  $W$  が場所によらず一定となる形状を有する。比較例に係るアンテナ 2 0 は、本実施の形態と同様である。第 1 端子 2 0 a には、相対的に容量の小さい第 1 容量  $C_a$  の第 1 コンデンサ 4 2 が接続され、第 2 端子 2 0 b には、相対的に容量の大きい第 2 容量  $C_b$  の第 2 コンデンサ 4 4 が接続される。

【 0 0 3 3 】

プラズマ中におかれたアンテナカバー 8 0 の外表面には、プラズマ中の電子が帯電してシース（Sheath）が形成される。シースが形成されると、アンテナカバー 8 0 の外表面がプラズマに対して負の直流電位（DC 電位）を有することとなり、プラズマ中の陽イオンが加速されながら引き寄せられてアンテナカバー 8 0 の外表面に衝突する。衝突する陽イオンのイオンエネルギーは、アンテナカバー 8 0 の外表面の電位に比例することから、外

10

20

30

40

50

表面のうち電位の高い箇所にはイオンエネルギーの高い陽イオンが衝突し、アンテナカバー 80 の消耗が局所的に大きくなる。

#### 【0034】

このとき、アンテナカバー 80 の外表面における電位は、アンテナ 20 の容量およびアンテナカバー 80 の容量により決められ、容量が小さいほど電位が大きくなる。U 字形のアンテナの場合、アンテナ容量はアンテナ 20 の両端に接続されるコンデンサの容量によって決められる。また、アンテナカバー 80 の容量は、アンテナカバー 80 の厚さや構成する材料の誘電率などにより決められる。比較例においては、アンテナカバー 80 の厚さが場所によらず一定であるため、アンテナ 20 の両端に接続されるコンデンサの容量  $C_a$ 、 $C_b$  により決まる。アンテナ 20 の両端に接続されるコンデンサ容量  $C_a$ 、 $C_b$  は、非対称であるため、位置によってアンテナカバー 80 の外表面における電位が異なることとなる。

10

#### 【0035】

図 5 は、比較例に係るアンテナカバー 80 の厚さとアンテナカバー 80 の外表面におけるイオンエネルギーの関係を示すグラフである。比較例において、容量の小さい第 1 コンデンサ 42 が接続される第 1 端子 20 a に近い A 地点では、アンテナカバー 80 の外表面でのイオンエネルギーが大きくなる。一方で、容量の大きい第 2 コンデンサ 44 が接続される第 2 端子 20 b に近い E 地点では、アンテナカバー 80 の外表面でのイオンエネルギーが小さい。中間の C 地点では、A 地点と E 地点の間のイオンエネルギーの値をとる。

#### 【0036】

20

グラフにおいて、アンテナカバー 80 の厚さを  $W_1$  とすると、A 地点、C 地点、E 地点におけるイオンエネルギーは異なる値  $E_{A1}$ 、 $E_{C1}$ 、 $E_{E1}$  となる。A 地点におけるイオンエネルギーは他の地点と比べて大きいことから、カバーの消耗が激しく、他の場所よりも損傷しやすくなる。すると、アンテナカバー 80 の他の地点における消耗が小さい場合であっても、A 地点における局所的な消耗によりアンテナカバー 80 が寿命を迎えてしまう。

#### 【0037】

一方で、アンテナカバー 80 の厚さを  $W_2$  にすると、A 地点、C 地点、E 地点におけるイオンエネルギーを相対的に小さな値  $E_{A2}$ 、 $E_{C2}$ 、 $E_{E2}$  とすることができ、アンテナカバー 80 の消耗を低減させることができる。しかし、アンテナカバー 80 の厚さを全体的に厚くすると、アンテナ 20 からプラズマ P までの距離が大きくなり、それに従ってプラズマ P が発生する位置での RF 電界も小さくなるため、プラズマの生成効率が低下してしまう。

30

#### 【0038】

なお、アンテナ 20 の両端に接続されるコンデンサ 42、44 の容量  $C_a$ 、 $C_b$  が等しくなるようにすれば、アンテナ 20 の場所に応じたイオンエネルギーの差異を低減することができるかもしれない。しかしながら、アンテナ 20 に接続されるコンデンサ容量は、アンテナへの高周波供給手法によって決められてしまうことから、任意の値を取ることは難しい。一般的なインピーダンス整合器においては、アンテナ 20 の両端に接続されるコンデンサ容量は非対称となることが多い。

40

#### 【0039】

そこで、本実施の形態では、アンテナカバー 30 の厚みを場所によって変えることにより、アンテナカバー 30 の外表面における電位の空間依存性が低減されるようにする。図 6 は、実施の形態に係るアンテナカバー 30 の厚さとアンテナカバー 30 の外表面におけるイオンエネルギーの関係を示すグラフである。グラフに示すように、A 地点、C 地点、E 地点の各地点におけるイオンエネルギーが同じ値  $E$  となるように、アンテナカバー 30 の厚さを各地点で変えて、それぞれ  $W_A$ 、 $W_C$ 、 $W_E$  ( $W_A > W_C > W_E$ ) とする。

#### 【0040】

図 2 および図 3 を用いて上述した通り、アンテナ容量の小さい A 地点の近くでは、アンテナカバー 30 の厚さを相対的に大きくし、アンテナ容量の大きい E 地点に近づくほどア

50

アンテナカバー 30 の厚さを小さくする。これにより、アンテナカバー 30 に衝突する陽イオンのエネルギーを均一化させることができ、アンテナカバー 30 の局所的な消耗を抑制することができる。局所的な消耗を抑制させることで、アンテナカバー 30 の寿命を延ばすことができ、プラズマ発生装置 10 およびイオン注入装置 100 の信頼性を高めることができる。

#### 【0041】

また、本実施の形態では、アンテナカバー 30 の厚みを場所によって変えることにより、アンテナカバー 30 の容量を場所によって変えることができるとも言える。アンテナ 20 の容量が相対的に小さい A 地点では、アンテナカバー 30 の厚さを大きくすることでアンテナ 20 の周囲における誘電率を高くし、アンテナカバー 30 の容量を大きくする。一方で、アンテナ 20 の容量が相対的に大きい E 地点では、アンテナカバー 30 の厚さを小さくすることでアンテナ 20 の周囲における誘電率を低くし、アンテナカバー 30 の容量を小さくする。つまり、アンテナ 20 とアンテナカバー 30 の容量の双方を非対称とすることにより、アンテナ 20 とアンテナカバー 30 の容量の合計値の非対称性を低減させる。これにより、アンテナカバー 30 の外表面における電位の空間依存性を低減させて、アンテナカバー 30 の局所的な消耗を抑制することができる。

#### 【0042】

(第2の実施の形態)

図7は、第2の実施の形態に係るプラズマ発生装置 10 を概略的に示す図である。本実施の形態では、プラズマ室 12 の内部をプラズマが生成される第1区画 12a と、アンテナ 20 が設けられる第2区画 12b とに区画するアンテナカバー 130 を用いる点で、上述した第1の実施の形態と異なる。また、本実施の形態では、プラズマ室 12 の上半分の領域に相当する第1区画 12a にプラズマ P が生成されるよう構成される。以下、第1の実施の形態との相違点を中心に説明する。

#### 【0043】

アンテナカバー 130 は、被覆部 132 と、区画部 134 と、を備える。区画部 134 は平板形状であり、プラズマ室 12 を構成する壁面のうち、引出開口 18 に対向する底面 12c と対向して設けられる。これにより、区画部 134 は、プラズマ室 12 の内部を上下方向に二分し、主にプラズマ P が生成される上半分の領域である第1区画 12a と、プラズマが生成されない下半分の領域である第2区画 12b とに仕切る。なお、平板形状の区画部 134 のうち、アンテナ 20 が配置される位置には溝部 136 が設けられる。溝部 136 には、上方向に突起する被覆部 132 が設けられる。

#### 【0044】

被覆部 132 は、U 形状のアンテナ 20 の表面を被覆して保護する。被覆部 132 は、円筒部材を軸方向に半分に切断したような形状を有し、アンテナ 20 の表面のうち主に上半分の領域を被覆するように設けられる。被覆部 132 は、区画部 134 から上方向に突出するように設けられており、内側にアンテナ 20 が収容される溝部 136 が設けられる。被覆部 132 を上方向に突出させることにより、第1区画 12a の中央に近い位置にアンテナ 20 を配置することができる。

#### 【0045】

被覆部 132 は、アンテナ 20 の表面上の位置に応じて径方向の厚さが異なるように設けられる。第1の実施の形態と同様に、容量の小さい第1コンデンサ 42 の接続位置に近い A 地点では、径方向の厚さを相対的に大きい  $W_A$  とし、容量の大きい第2コンデンサ 44 の接続位置に近い E 地点では、径方向の厚さが相対的に小さい  $W_E$  とする。また、被覆部 132 は、アンテナ 20 が延びる方向に A 地点から E 地点に向かうにしたがって、径方向の厚さが徐々に小さくなるように設けられる。

#### 【0046】

第2の実施の形態においては、プラズマ P が主にプラズマ室 12 の上半分の領域である第1区画 12a に生成されるため、アンテナカバー 130 のうち、アンテナ 20 よりも上半分の領域である被覆部 132 がプラズマに曝される。アンテナカバー 130 の外表面に



おける電位は、プラズマ P が存在する方向に対する厚さによって決まる。したがって、アンテナカバー 130 の外表面におけるイオンエネルギーを均一化するためには、プラズマ P に曝される箇所の厚さを適切に設定すればよいこととなる。

【0047】

第2の実施の形態によれば、アンテナ20のアンテナ容量の非対称性に応じて被覆部132の厚さを変化させることで、プラズマ P に曝される被覆部132の外表面においてイオンエネルギーを均一化させることができる。このため、アンテナカバー130がアンテナ20の全面を覆っていない場合であっても、上述の第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0048】

また、第2の実施の形態によれば、第1区画12aと第2区画12bを仕切る区画部134が設けられるため、アンテナ20が設けられる第2区画12bにプラズマが侵入することを防ぐことができる。これにより、アンテナ20の表面が溝部136の位置で露出していたとしても、プラズマ P からアンテナ20を保護することができる。また、仮に第2区画12bにおいてプラズマが発生してアンテナ20がスパッタされ、金属粒子が発生する場合であっても、アンテナカバー130の仕切りにより第1区画12aのプラズマ P が汚染されてしまうことを防ぐことができる。

【0049】

また、第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態よりも容易にアンテナカバー130をアンテナ20に取り付けることができる。第1の実施の形態では、アンテナカバー30がアンテナ20の表面の全体を被覆していることから、アンテナ20とアンテナカバー30を一体的に成型したり、分割された複数の部材を組み合わせアンテナカバー30を形成する必要がある。一方、第2の実施の形態によれば、アンテナカバー130の溝部136にアンテナ20を嵌め込めばよいから、アンテナ20とアンテナカバー130を別々に成型することが容易となり、また、組み立てもしやすい。

【0050】

(第3の実施の形態)

図8は、第3の実施の形態に係るプラズマ発生装置10を概略的に示す図であり、図9は、第3の実施の形態に係るアンテナカバー180を示す外観斜視図である。本実施の形態では、アンテナ20の上半分を被覆する被覆部182の断面形状が矩形形状であり、被覆部182の外表面が平坦な上面182a、外側面182b、内側面182cにより構成される点で、上述した第2の実施の形態と異なる。本実施の形態では、第1区画12aのうち、主にアンテナ20の内側の領域にプラズマ P が生成されるよう構成される。以下、第2の実施の形態との相違点を中心に説明する。

【0051】

アンテナカバー180は、被覆部182と、区画部184と、を備える。区画部184は、上述した第2の実施の形態に係る区画部134と同様の構成を有する。一方、被覆部182は、アンテナ20が延びる方向の断面が略矩形形状であり、アンテナ20が延びる方向に長い角柱部材の一面にアンテナ20を収容するための溝部186を形成した形状を有する。

【0052】

被覆部182は、第1区画12aに接する面として、上面182aと、外側面182bと、内側面182cとを有する。上面182aは、アンテナ20から上方向に離れて設けられる面である。同様に、外側面182bは、アンテナ20から外方向に離れて設けられる面であり、内側面182cは、アンテナ20から内方向に離れて設けられる面である。

【0053】

被覆部182の径方向の厚さは、その方向によって厚さが異なる。アンテナ20から上面182aまでの厚さは、アンテナ20が延びる方向に沿って変化させず、一定の値 $W_{up}$ となるように設けられる。同様に、アンテナ20から外側面182bまでの厚さは、アンテナ20が延びる方向に沿って変化させず、一定の値 $W_{ut}$ となるように設けられる

10

20

30

40

50

。上面 182 a および外側面 182 b は、プラズマ P に曝されにくい位置にあるため、その厚さを変化させたとしてもアンテナカバー 180 の局所的な消耗の低減には寄与しにくいからである。

#### 【0054】

一方、アンテナ 20 から内側面 182 c までの厚さは、上面 182 a や外側面 182 b とは相違して、アンテナ 20 が延びる方向の位置によって異なる厚さとしている。例えば、容量の小さい第 1 コンデンサ 42 の接続位置に近い A 地点では、径方向の厚さを相対的に大きい  $W_{Ain}$  とし、容量の大きい第 2 コンデンサ 44 の接続位置に近い E 地点では、径方向の厚さが相対的に小さい  $W_{Ein}$  とする。内側面 182 c は、アンテナ 20 の内側の領域に生成されるプラズマ P に曝される位置にあるため、その厚さを変化させることで、アンテナカバー 180 の局所的な消耗の低減に寄与するからである。

10

#### 【0055】

図 10 は、プラズマ発生装置 10 を概略的に示す図であり、図 8 の X - X 線断面を示す。被覆部 182 は、第 1 直線部 22 a を保護する第 1 直線保護部 192 a と、第 2 直線部 22 b を保護する第 2 直線保護部 192 b と、曲線部 24 を保護する曲線保護部 194 とを有する。

#### 【0056】

図示されるように、被覆部 182 の径方向の厚さのうち、外方向の厚さは、第 1 直線保護部 192 a および第 2 直線保護部 192 b において一定の  $W_{out}$  となっている。言い換えれば、A 地点、B 地点、D 地点、E 地点においては、外方向の厚さを一定の  $W_{out}$  としている。一方、曲線保護部 194 においては、曲線部 24 の形状によらずに外方向の厚さを任意に設定することで、曲線保護部 194 における外側面 194 b が平坦面となるようにしている。外方向の厚さをこのように設定することで、アンテナ 20 が延びる方向に沿って厚さを変化させる場合よりも、アンテナカバー 180 の成型が容易となる。

20

#### 【0057】

また、被覆部 182 の径方向の厚さのうち、内方向の厚さは、第 1 直線保護部 192 a において一定の  $W_{Ain}$  とし、第 2 直線保護部 192 b において一定の  $W_{Bin}$  としている。言い換えれば、A 地点および B 地点では、外方向の厚さを共通の  $W_{Ain}$  とし、D 地点および E 地点では、外方向の厚さを共通の  $W_{Ein}$  としている。一方、曲線保護部 194 における内方向の厚さは、B 地点から D 地点に向けて徐々に小さくなるようにし、C 地点における内方向の厚さを  $W_{Cin}$  としている。したがって、B 地点、C 地点、D 地点の内方向の厚さは、 $W_{Ain} > W_{Cin} > W_{Ein}$  の関係となる。

30

#### 【0058】

第 3 の実施の形態では、被覆部 182 の径方向の厚さについて、外方向および上方向についてはアンテナ 20 の位置によらず任意の値を設定することにより、アンテナカバー 180 の加工容易性を高めている。一方で、主にプラズマに曝されることとなる内側面 182 c に対する厚さ、つまり、プラズマに向かう内方向の厚さについては、アンテナ 20 の位置に応じて厚さを変化させることとする。これにより、プラズマにより消耗しやすい内側面 182 c におけるイオンエネルギーを均一化させて、アンテナカバー 180 の局所的な消耗を低減させることができる。

40

#### 【0059】

また、第 3 の実施の形態では、第 1 直線保護部 192 a および第 2 直線保護部 192 b において内方向の厚さを一定値とすることで、内側面 182 c の加工容易性を高めている。この場合、内側面 182 c におけるイオンエネルギーを空間依存性を低減させる効果は下がるものの、第 1 直線保護部 192 a と第 2 直線保護部 192 b とでは厚さが異なるため、第 1 直線保護部 192 a における消耗度と第 2 直線保護部 192 b における消耗度の差を低減させることができる。これにより、加工容易性を持たせつつ、局所的な消耗を低減させることのできるアンテナカバー 180 とすることができる。

#### 【0060】

(第 4 の実施の形態)

50

図 1 1 は、第 4 の実施の形態に係るプラズマ発生装置 2 1 0 を概略的に示す図である。本実施の形態は、アンテナ 2 2 0 が U 字形状ではなく直線形状である点で、上述の実施の形態と相違する。また、アンテナカバー 2 3 0 も、アンテナ 2 2 0 に対応して直線形状を有する。以下、上述の実施の形態との相違点を中心に説明する。

【 0 0 6 1 】

プラズマ発生装置 2 1 0 は、プラズマ室 1 2 と、磁石装置 1 4 と、絶縁部材 1 6 と、引出開口 1 8 と、アンテナ 2 2 0 と、アンテナカバー 2 3 0 と、を備える。プラズマ室 1 2 の内部には、直線形状のアンテナ 2 2 0 と、アンテナ 2 2 0 の表面を保護するアンテナカバー 2 3 0 が設けられる。

【 0 0 6 2 】

アンテナ 2 2 0 は、両端に第 1 端子 2 2 0 a と、第 2 端子 2 2 0 b と、を有する。第 1 端子 2 2 0 a は、第 1 容量  $C_a$  の第 1 コンデンサ 4 2 を介して高周波電源 4 0 に接続され、第 2 端子 2 2 0 b は、第 2 容量  $C_b$  の第 2 コンデンサ 4 4 を介して接地される。コンデンサ 4 2、4 4 の容量は、第 1 容量  $C_a$  よりも第 2 容量  $C_b$  が大きい ( $C_a < C_b$  である)。

【 0 0 6 3 】

アンテナカバー 2 3 0 は、直線状のアンテナ 2 2 0 を被覆する中空部材である。アンテナカバー 2 3 0 は、円錐台の形状を有しており、第 1 端子 2 2 0 a の近傍を被覆する第 1 端部 2 3 0 a における径方向の厚さ  $W_A$  が、第 2 端子 2 2 0 b の近傍を被覆する第 2 端部 2 3 0 b における径方向の厚さ  $W_B$  よりも大きい。したがって、アンテナカバー 2 3 0 は、第 1 端部 2 3 0 a から第 2 端部 2 3 0 b に向かって径方向の厚さが徐々に小さくなる形状を有する。

【 0 0 6 4 】

第 4 の実施の形態においても、アンテナ容量の小さい第 1 端子 2 2 0 a の近くでは、アンテナカバー 2 3 0 の厚さを相対的に大きくし、アンテナ容量の大きい第 2 端子 2 2 0 b に近づくほどアンテナカバー 2 3 0 の厚さを小さくする。これにより、アンテナカバー 2 3 0 に衝突する陽イオンのエネルギーを均一化させることができ、アンテナカバー 2 3 0 の局所的な消耗を抑制することができる。局所的な消耗を抑制させることで、アンテナカバー 2 3 0 の寿命を延ばすことができる。

【 0 0 6 5 】

以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは、当業者に理解されるところである。

【 0 0 6 6 】

上述の実施の形態では、アンテナの両端のうち、相対的に小さい容量  $C_a$  の第 1 コンデンサが接続される第 1 端子側に高周波電源を接続し、相対的に大きい容量  $C_b$  の第 2 コンデンサが接続される第 2 端子側を接地する場合について説明した。変形例においては、容量の小さい第 1 端子側を接地し、容量  $C_b$  が大きい第 2 端子側に高周波電源を接続してもよい。この場合、アンテナ容量の小さい第 1 端子側のアンテナカバーの厚さを大きくし、アンテナ容量の大きい第 2 端子側のアンテナカバーの厚さを小さくすればよい。

【 0 0 6 7 】

上述の実施の形態では、U 字形状のアンテナの表面の全体や、上半分の全体を覆うアンテナカバーについて説明した。変形例においては、アンテナ経路の一部分に相当する表面のみを覆うアンテナカバーとしてもよい。例えば、U 字形状の曲線部にはアンテナカバーを設けず、直線部のみにアンテナカバーを設けることとしてもよい。また、プラズマが生成される位置の近傍にのみアンテナカバーを設けることとしてもよい。

【 0 0 6 8 】

上述の実施の形態では、U 字形状のアンテナが延びる経路に沿って、径方向の厚さが徐々に小さくなる形状のアンテナカバーについて説明した。変形例においては、アンテナ経路のある区間において、径方向におけるアンテナカバーの厚さを一定にすることとしても

10

20

30

40

50

よい。例えば、第1直線部と曲線部の厚さを一定にし、第2直線部の厚さをそれよりも小さい一定値としてもよい。第1直線部の厚さを一定にし、曲線部と第2直線部の厚さをそれよりも小さい一定値としてもよい。このとき、第1直線部と第2直線部とで厚さに差をもうけることで、アンテナカバーの外表面におけるイオンエネルギーの相対差を低減させることができる。

#### 【0069】

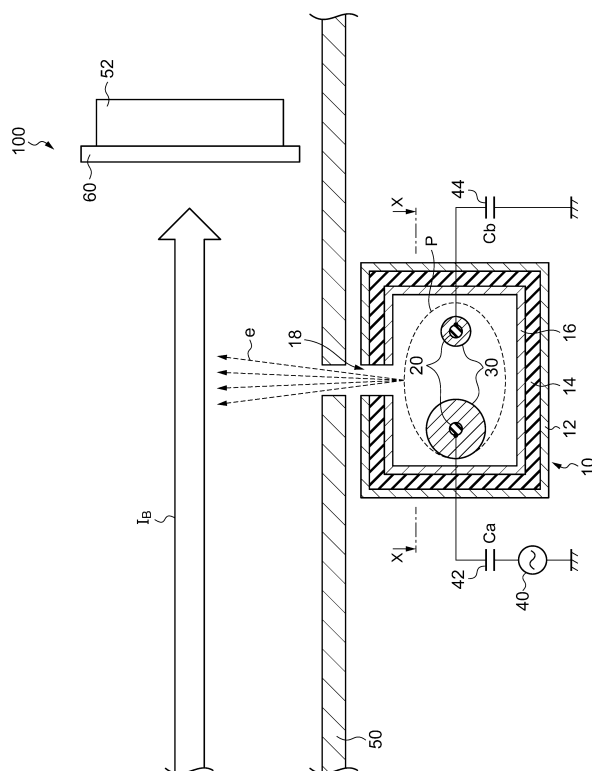
上述の実施の形態では、径方向の厚さのうち内方向の厚さをアンテナ経路に沿って変化させ、それ以外の厚さについては任意の厚さとするアンテナカバーについて説明した。変形例においては、径方向におけるアンテナカバーの厚さのうち、少なくとも一方向についてはアンテナ経路に沿って変化させる一方で、別の方向についてはアンテナ経路によらず一定値または任意の値とすることとしてもよい。この場合、プラズマに向かう方向におけるアンテナカバーの厚さをアンテナ経路に沿って変化させることで、プラズマの影響を受けやすい箇所におけるイオンエネルギーの相対差を低減させることができる。例えば、プラズマがアンテナの外側の領域において主に生成される場合においては、内方向の厚さは任意の値とし、上下方向や、外方向におけるアンテナカバーの厚さをアンテナ経路に沿って変化させることとしてもよい。

#### 【符号の説明】

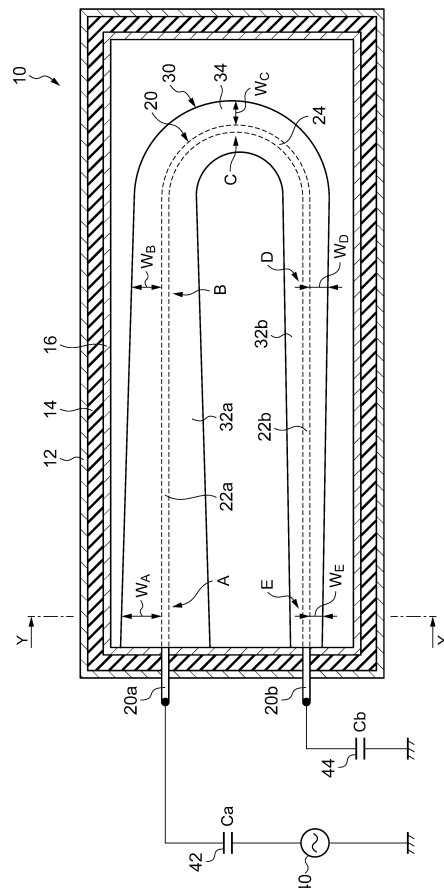
#### 【0070】

10...プラズマ発生装置、12...プラズマ室、20...アンテナ、20a...第1端子、20b...第2端子、22a...第1直線部、22b...第2直線部、24...曲線部、30...アンテナカバー、32a...第1直線保護部、32b...第2直線保護部、34...曲線保護部、40...高周波電源、130...アンテナカバー、132...被覆部、134...区画部、180...アンテナカバー、182...被覆部、184...区画部、192a...第1直線保護部、192b...第2直線保護部、194...曲線保護部、P...プラズマ。

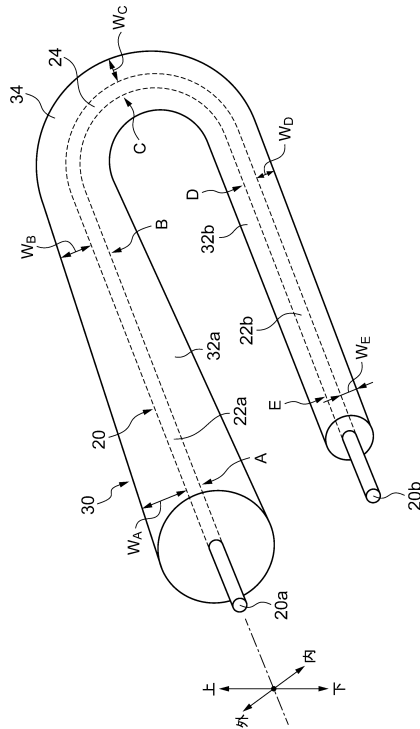
【図1】



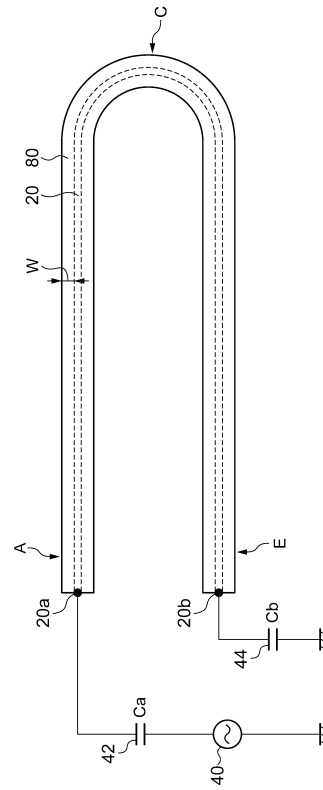
【図2】



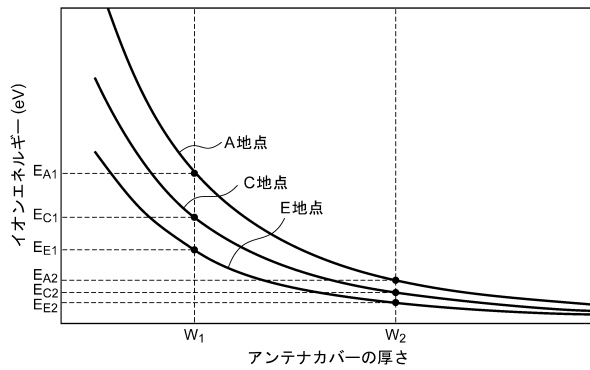
【図 3】



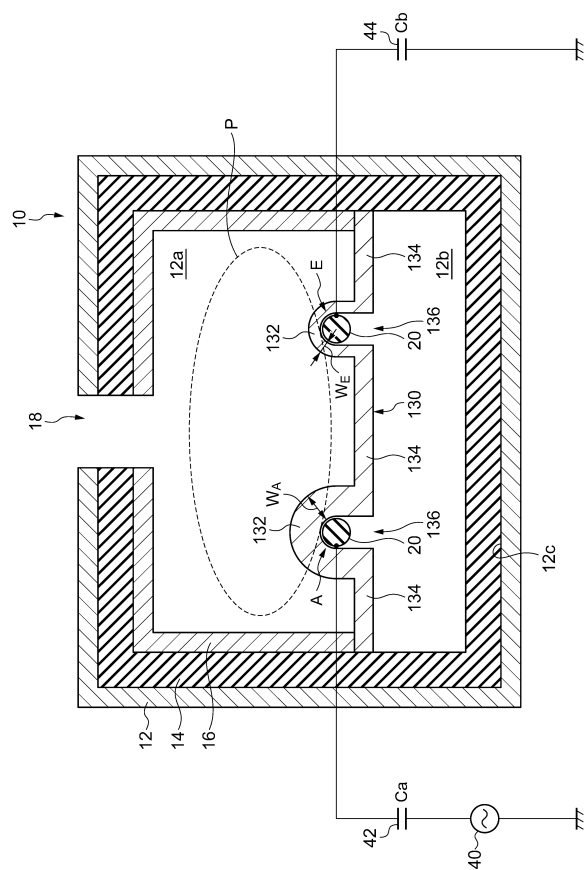
【図 4】



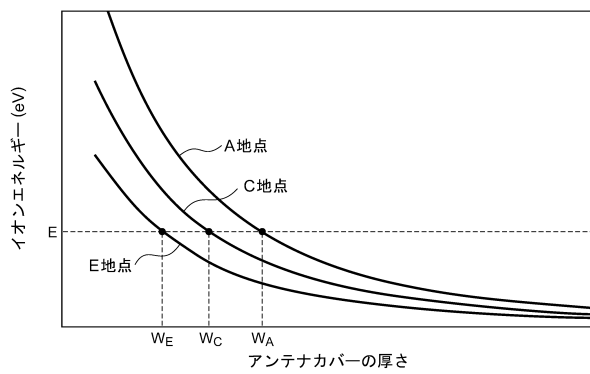
【図 5】



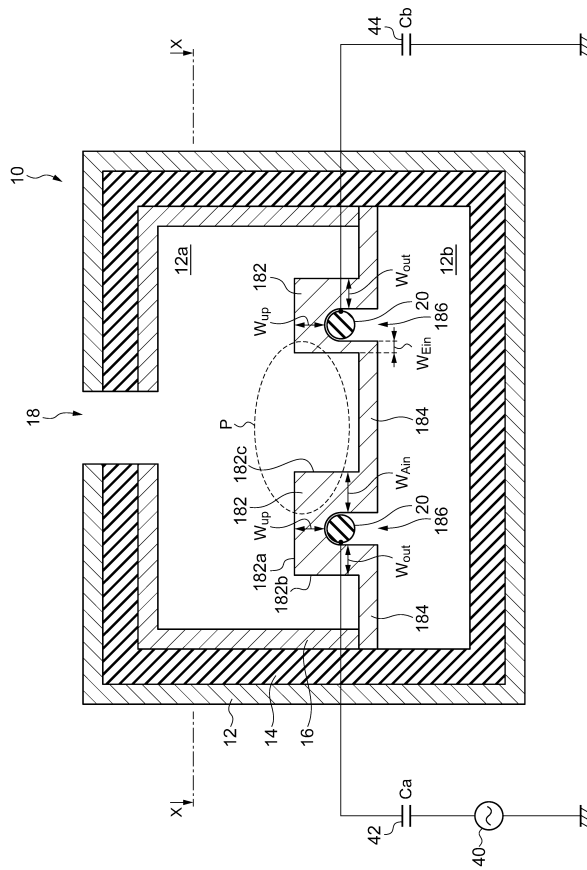
【図 7】



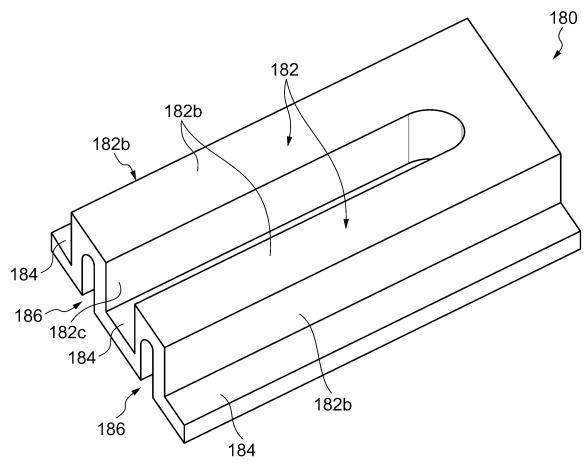
【図 6】



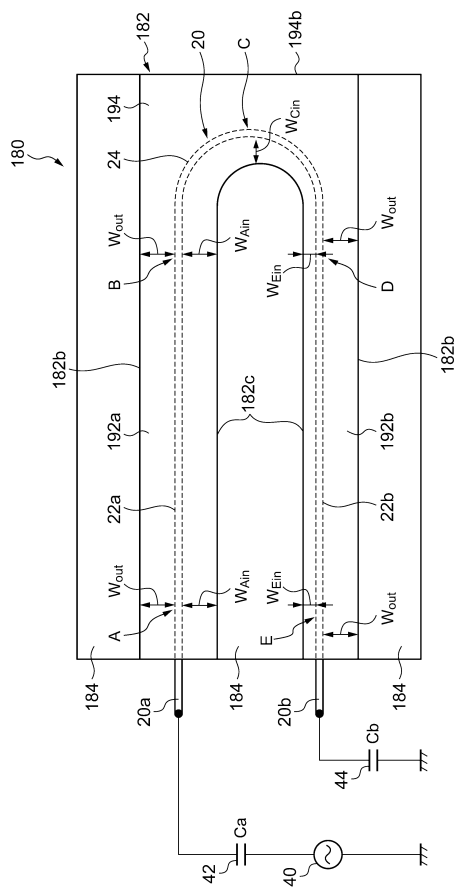
【 図 8 】



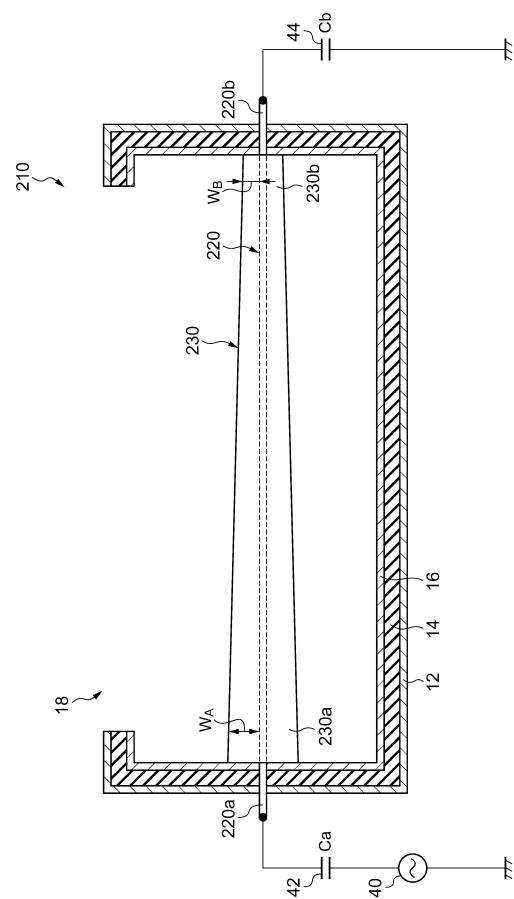
【圖 9】



【 ㊦ 1 0 】



【 図 1 1 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 正輝

愛媛県西条市今在家1501番地 株式会社SEN愛媛事業所内

審査官 長谷川 聡一郎

(56)参考文献 特開平11-317299(JP,A)

米国特許出願公開第2011/0018443(US,A1)

特開2001-203099(JP,A)

特開2013-089477(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/46

H01L 21/265

JSTPlus/JST7580(JDreamIII)