

(19) 日本国特許庁(JP)

再 公 表 特 許(A1)

(11) 国際公開番号

W02015/114992

発行日 平成29年3月23日(2017.3.23)

(43) 国際公開日 平成27年8月6日(2015.8.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46 C	2G084
C23C 16/511 (2006.01)	C23C 16/511	4K030
H01L 21/265 (2006.01)	H01L 21/265 F	
H01L 21/22 (2006.01)	H01L 21/22 E	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

出願番号	特願2015-559782 (P2015-559782)	(71) 出願人	507178729 ノベリオンシステムズ株式会社
(21) 国際出願番号	PCT/JP2014/083810		大阪府豊能郡豊能町川尻304番地
(22) 国際出願日	平成26年12月2日(2014.12.2)	(72) 発明者	前野 修一
(31) 優先権主張番号	特願2014-28950 (P2014-28950)		大阪府豊能郡豊能町川尻304番地 ノベリオンシステムズ株式会社
(32) 優先日	平成26年1月30日(2014.1.30)	Fターム(参考)	2G084 AA02 AA05 AA08 AA12 BB02 BB07 BB23 BB25 BB27 BB32 BB34 BB35 BB36 BB37 CC15 CC33 DD04 DD12 DD17 DD18 DD21 DD22 DD38 DD42 DD45 DD64 FF01 FF04 FF22 FF26 FF28 FF31 FF32 FF33 FF39 FF40 4K030 FA02 KA30 KA47
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		最終頁に続く

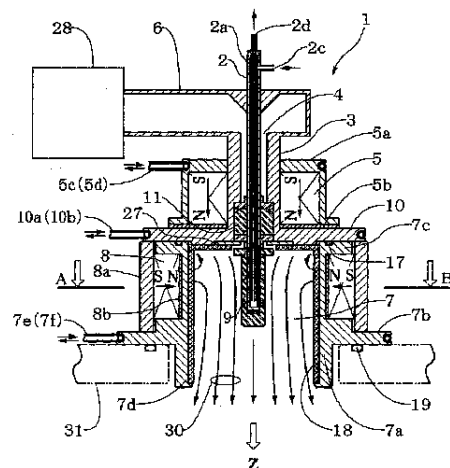
(54) 【発明の名称】 プラズマ発生装置

(57) 【要約】

電力効率の良い、耐久性と小型化を図ることができるプラズマ発生装置を提供する。

中心導体(2)および円筒状の外部導体(3)より構成した同軸伝送線路(4)と、同軸伝送線路(4)を囲む環状の第1磁石(5)と、中心導体(2)の先端部を収容する円筒状のアンテナ容器(7)と、アンテナ容器(7)の外周に中心導体(2)と同軸かつ環状に配置した第2磁石(8)を有し、第1磁石(5)は中心導体(2)の中心軸と平行する方向に着磁し、第2磁石(8)は中心導体(2)の中心軸の延びる方向と直角をなす方向に着磁するとともに、アンテナ容器(7)の中心から見た第1磁石(5)と第2磁石(8)の磁極は同じ極性とし、マイクロ波電源(28)からマイクロ波を同軸伝送線路(4)に供給し、中心導体(2)からプラズマを発生させるプラズマ発生装置。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中心導体と外部導体とより構成された伝送線路にマイクロ波電源からマイクロ波を供給し、前記中心導体の先端部からマイクロ波を放射してプラズマを発生させるプラズマ発生装置であって、

前記伝送線路を囲んで第 1 磁石を設け、前記中心導体の先端部を位置させるアンテナ容器を設け、該アンテナ容器を囲んで第 2 磁石を設け、前記第 1 磁石は前記中心導体の中心軸と平行する方向に着磁し、前記第 2 磁石は前記中心導体の中心軸の延びる方向と直角をなす方向に着磁するとともに、前記アンテナ容器の中心から見た前記第 1 磁石と前記第 2 磁石の磁極は同じ極性としたことを特徴とするプラズマ発生装置。

10

【請求項 2】

前記伝送線路は同軸の同軸伝送線路に形成し、該同軸伝送線路に接続して矩形導波管を設け、マイクロ波を前記マイクロ波電源から前記矩形導波管を介して前記同軸伝送線路に供給することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 3】

前記第 2 磁石は永久磁石とし、複数個配置した第 2 磁石群で前記アンテナ容器を囲んだことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 4】

前記アンテナ容器中で中心導体は電子サイクロトロン共鳴プラズマを発生する周波数のマイクロ波を放射し、前記第 1 磁石および第 2 磁石群は各々の成す磁界の合成によって、電子サイクロトロン共鳴領域を前記アンテナ容器内に形成することを特徴とする請求項 1 3 のいずれかに記載のプラズマ発生装置。

20

【請求項 5】

前記中心導体の少なくとも前記アンテナ容器内に位置する部分は絶縁性の被覆部材で覆われていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のプラズマ発生装置。

【請求項 6】

前記アンテナ容器の内面は内張絶縁部材で覆われていることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のプラズマ発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、薄膜形成や微細加工プロセス装置ならびにイオンビーム照射装置に適用されるプラズマ発生装置に関し、より詳細には、電力効率の良い、小型化を図ることができるプラズマ発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

反応性ガスをプラズマ化し、電離した活性種を利用してスパッタ、エッチング、イオン注入等を行うプラズマ処理装置でプラズマを発生させる方法としてマイクロ波を利用するものがある。

従来より、マイクロ波プラズマ発生装置として、マイクロ波による永久磁石方式 ECR (電子サイクロトロン共鳴) 方式がある。その 1 例として、特許文献 1 に示されるような装置がある。

40

この装置は、真空容器の天井には同軸導波管外部導体が連通され、同軸導波管外部導体は矩形導波管を介してマイクロ波電力供給装置に接続されている。前記同軸導波管外部導体内には軸状の同軸導波管中心導体が挿入され、同軸部真空隔壁により前記同軸導波管外部導体に気密に保持され、前記同軸導波管中心導体の上端部は前記矩形導波管内に突出して矩形 - 同軸導波管変換部をなし、前記同軸導波管中心導体の下端には平板状電極が前記天井と平行に設けられている。前記天井には前記平板状電極に対応する範囲に所要数の永久磁石が載設されている。前記平板状電極と永久磁石との間に背面板を介在している。また、前記真空容器の側壁上部には放電ガス供給装置が、側壁下部には排気装置が設けられ

50

ている。そして、真空容器内を前記排気装置により真空引きし、前記放電ガス供給装置より放電ガスを導入しつつ、マイクロ波電力供給装置よりマイクロ波を矩形導波管、同軸導波管外部導体、更に前記同軸導波管中心導体を介して前記平板状電極 8 に供給すると、該平板状電極と前記永久磁石間に形成される磁界により E C R プラズマが発生する。このプラズマを利用して、基板電極上の被処理基板をエッチング、C V D 処理する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 7 - 296991 号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところが、特許文献 1 のプラズマ発生装置では、平板状電極の背後に永久磁石が面状に配置された構造であるため、永久磁石からの距離に伴う磁界の減衰が著しく E C R 領域は薄いシート状に分布する。そのため、高い電力効率でプラズマを発生させるには E C R 領域が十分でないという問題があった。また、大型化したプラズマ装置においては、プラズマに直接曝される平板状電極の耐久性が良くないという問題があった。

本発明は、上記のような問題に鑑みなされたものである。従来のプラズマ発生装置の問題を解決し、電力効率の良い、耐久性と小型化を図ることができるプラズマ発生装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

この発明に係るプラズマ発生装置は、

中心導体と外部導体とより構成された伝送線路にマイクロ波電源からマイクロ波を供給し、前記中心導体の先端部からマイクロ波を放射してプラズマを発生させるプラズマ発生装置であって、

前記伝送線路を囲んで第 1 磁石を設け、前記中心導体の先端部を位置させるアンテナ容器を設け、該アンテナ容器を囲んで第 2 磁石を設け、前記第 1 磁石は前記中心導体の中心軸と平行する方向に着磁し、前記第 2 磁石は前記中心導体の中心軸の延びる方向と直角をなす方向に着磁するとともに、前記アンテナ容器の中心から見た前記第 1 磁石と前記第 2 磁石の磁極は同じ極性としたことを特徴とする。

30

この発明のプラズマ発生装置によれば、前記中心導体の中心軸に沿った磁界強度の勾配を平坦化でき、広い範囲でプラズマへのマイクロ波電力の吸収が改善されるので、高密度のプラズマを高い電力効率で、発生させることができる。

請求項 2 に記載のプラズマ発生装置の発明は、

請求項 1 に記載のプラズマ発生装置において、前記伝送線路は同軸の同軸伝送線路に形成し、該同軸伝送線路に接続して矩形導波管を設け、マイクロ波を前記マイクロ波電源から前記矩形導波管を介して前記同軸伝送線路に供給することを特徴とする。

この発明のプラズマ発生装置によれば、マイクロ波を同軸伝送線路に効率よく供給することができる。

40

請求項 3 に記載のプラズマ発生装置の発明は、

請求項 1 または 2 に記載のプラズマ発生装置において、前記第 2 磁石は永久磁石とし、複数個の前記第 2 磁石を配置した第 2 磁石群で前記アンテナ容器を囲んだことを特徴とする。

第 2 磁石として複数個の小さい永久磁石を使用するので、小型化とコストダウンを図ることができる。

請求項 4 に記載のプラズマ発生装置の発明は、

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のプラズマ発生装置において、前記アンテナ容器中で中心導体は電子サイクロトロン共鳴プラズマを発生する周波数のマイクロ波を放射し、前記第 1 磁石および第 2 磁石群は各々の成す磁界の合成によって、電子サイクロトロン共

50

鳴領域を前記アンテナ容器内の広い領域に形成することを特徴とする。

この発明のプラズマ発生装置によれば、例えば、2.45 [ギガヘルツ] のマイクロ波を放射し、電子サイクロトロン共鳴プラズマを発生する 875 [ガウス] の磁界を形成する場合、この磁界を体積的範囲にわたって合成することができる。すなわち、この磁界は、平面的なごく狭い範囲でないで、ECR 領域を広く形成できる。その結果、高密度のプラズマを高い電力効率で発生することができる。

請求項 5 に記載のプラズマ発生装置の発明は、

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のプラズマ発生装置において、前記中心導体の少なくとも前記アンテナ容器内に位置する部分は絶縁性の被覆部材で覆われていることを特徴とする。

10

この発明のプラズマ発生装置によれば、アンテナである中心導体の表面を冷却すると同時に、絶縁材で覆うので、荷電粒子による衝撃を受けにくくして、損傷されるのを防ぐことができ、耐久性を良くすることができる。

請求項 6 に記載のプラズマ発生装置の発明は、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のプラズマ発生装置において、

前記アンテナ容器の内面は内張絶縁部材で覆われていることを特徴とする。

この発明によれば、運転によりアンテナ容器が汚れることを防止するので、メンテナンス性がよい。また、フランジ部の加熱を抑制できる。さらに、マイクロ波によって加熱されたプラズマが内張絶縁部材により反射され、アンテナ容器内の密度を増大することができる。

20

【発明の効果】

【0006】

本発明は、マイクロ波の伝送線路を囲んで第 1 磁石を設け、アンテナ容器の外側に中心導体を包囲して第 2 磁石を配置している。そして、前記第 1 磁石は前記中心導体の中心軸と平行する方向に着磁し、前記第 2 磁石は前記中心導体の中心軸の延びる方向と直角をなす方向に着磁するとともに、前記アンテナ容器の中心から見た前記第 1 磁石と前記第 2 磁石を構成する個々の磁石の磁極は同じ極性とした。これにより、高密度のプラズマを発生することができ、電力効率の良い、耐久性と小型化を図ったプラズマ発生装置を得ることができる。

すなわち、より効率的にマイクロ波を供給でき、高密度のプラズマを高い電力効率で発生することができる。

30

また、高温に曝されるフランジ部等の箇所を高温から保護することにより、加熱を抑制でき、耐久性を良くし、電力効率を高め、高密度のプラズマを安定して発生し、より小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】本発明に係るプラズマ発生装置の断面図である。

【図 2】図 1 の中心導体先端部を示す拡大断面図である。

【図 3】図 1 における、A - B 矢視断面図である。

【図 4】図 1 の中心導体の中心軸上において第 1 磁石表面からの距離と磁束密度との関係を示すグラフである。

40

【図 5】高エネルギー電子の放出を抑制するために、先端部絶縁部材の先端に設けた円盤状のヒサシの概念図である。

【図 6】本発明に係るプラズマ発生装置の、アンテナ容器出口に設けた多孔電極の一例を示す断面図である。

【図 7】図 6 における、C 方向矢視図である。

【図 8】本発明に係るプラズマ発生装置を適用したプラズマ処理装置の一例を示す断面図である。

【図 9】他の実施形態のプラズマ発生装置の断面図である。

【図 10】さらに他の実施形態のプラズマ発生装置の図 1 A - B 矢視位置における断面図

50

である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

この実施の形態のプラズマ発生装置 1 は、中心導体 2 と、これと同軸に外側に配置された外部導体 3 と、中心導体 2 と外部導体 3 とで構成した同軸伝送線路 4 と、外部導体 3 を囲む環状の第 1 磁石 5 と、マイクロ波電源 28 からマイクロ波を中心導体 2 に供給する矩形導波管 6 とを備える。さらに、プラズマ発生装置 1 は、中心導体 2 の先端部を位置させる円筒状のアンテナ容器 7 と、このアンテナ容器 7 の外周に中心導体 2 と同軸、かつ環状に配置された第 2 磁石 8 と、アンテナ容器 7 内に位置する中心導体 2 の先端部を保護する被覆部材 9 とを備える。

10

中心導体 2 は、金属製で、マイクロ波を放射するアンテナの働きをなし、一端の先端は封止され、他端側からは内管 2a が挿通されて 2 重管構造をなしている。また、中心導体 2 の他端側は矩形導波管 6 内に位置し、マイクロ波電源 28 から供給されるマイクロ波を先端部に伝送する。

中心導体 2 の他端側の矩形導波管 6 側には、中心導体 2 に冷却媒体を供給する中心導体冷媒入口 2c が設けられ、内管 2a には使用した冷却媒体を排出する中心導体冷媒出口 2d が設けられている。前記中心導体冷媒入口 2c から流入させた冷却媒体は、内管 2a の外周から中心導体 2 の先端に向けて流れ、内管 2a の先端から還流して中心導体冷媒出口 2d より排出される。なお、前記冷却媒体を流す方向は、逆であっても良い。冷却媒体としては水が優れているが、配管の腐食や冷却媒体の導電性を避けるべきときには腐食性のない液体や気体等を用いても良い。

20

また、中心導体 2 のアンテナ容器 7 内の先端部の外側は、図 2 に示すように、先端部絶縁部材 22、中間部絶縁部材 23、根元部絶縁部材 24 および鰐状の鰐状絶縁部材 25 からなる被覆部材 9 により覆われて、表面の金属部分は露出しないようにしている。各絶縁部材 22、23、24、25 の境界部は段部 22a、23a、23b、24a、24b、25a を形成している。隣接する絶縁部材 24 の段部が嵌め合わされ、プラズマ中の荷電粒子が合わせ目から直接直線的に中心導体 2 の表面には進めないようにしている。このように継ぎ目を形成することで、中心導体 2 が荷電粒子により衝撃されるのを防止している。この段部はこの形態のものに限られず、数を増やしたものや断面形状が凹凸を有したものでよい。中心導体 2 のアンテナ容器 7 内の根元部は大径の鰐状の絶縁部材 25 により覆われている。これにより、伝送線路 4 とアンテナ容器 7 との気密を保つ真空シール部材 11 も保護されるようにされている。

30

さらに、中心導体 2 の先端と先端部絶縁部材 22 との間にはクッション部材 26 が充填されていて、熱膨張時の膨張を吸収するようになっている。このように構成することで、絶縁物の破壊を防ぐことができるとともに、マイクロ波の空間電界が最も集中する中心導体 2 の先端と先端部絶縁部材 22 との隙間での内部放電を無くすることができる。被覆部材 9 の材料としては、絶縁性で耐熱性の窒化ホウ素等が好ましい。クッション部材 26 としては、柔軟性黒鉛シートなどの耐熱性で柔軟性のある材料が用いられる。

さらに、被覆部材 9 と接する中心導体 2 の外周にはオネジ 2b が螺設されている。そして、各絶縁部材 22、23、24、25 の内周にはメネジが螺設されている。これにより、各絶縁部材 22、23、24、25 と中心導体 2 との接触面積を大きくできる。その結果、各絶縁部材 22、23、24、25 の熱を中心導体 2 に効率よく伝達することができる。中心導体 2 内を流れる冷却媒体に熱を大量に移動させることができる。

40

マイクロ波の電界が集中する中心導体 2 の表面近傍では、プラズマの加熱が促進されるため、高エネルギーの電子が生成される。その過度の集中を低減するため、図 5 に示すように、先端部絶縁部材 22 の先端に円盤状のヒサシ 22b を設けてもよい。このように中心部に集中しようとする電子の方向を変えることにより、過剰に高エネルギーの電子が、磁力線 30 に沿ってプラズマ容器 31 へ放出されるのを防止できる。

中心導体 2 および同軸に配置された外部導体 3 は、環状の伝送線路 4 を形成する。外部

50

導体 3 の外周は同軸に環状の第 1 磁石 5 に囲まれている。

外部導体 3 のアンテナ容器 7 側にはフランジ部 10 が形成されている（外部導体 3 とフランジ 10 は一体である）。外部導体 3 内の伝送線路 4 とアンテナ容器 7 との間には、絶縁性の真空シール部材 11 が介在し、アンテナ容器 7 と伝送線路 4 との気密が保たれている。真空シール部材 11 は、前部押さえ部材 12 と後部押さえ部材 13 とこれらの間に介在する同軸シール部材 14 と、これらの部材間にそれぞれ介在する前側リング 15 と後側リング 16 を有している。

前部押さえ部材 12 と後部押さえ部材 13 と同軸シール部材 14 は、アルミナセラミックス等の絶縁物から構成されている。また、前側リング 15 と後側リング 16 の材質には、マイクロ波をほとんど吸収しないシリコンゴムやフッ素樹脂が望ましい。

これら真空シール部材 11 は、フランジ部 10 に締結されたセット板 27 によって外部導体 3 内に密着固定される。フランジ部 10 は水冷構造とされていて、フランジ冷媒入口 10a とフランジ冷媒出口 10b を有している。これにより、真空シール部材 11 の温度を一定に保ち、前側リング 15 と後側リング 16 の高温による劣化を防止する。

第 1 磁石 5 は、この実施の形態では単一の永久磁石で環状に形成されていて、磁極は長手方向（中心導体が延びる方向）に着磁している。そして、アンテナ容器 7 側を N 極にしている。この第 1 磁石 5 は、第 1 磁石ホルダ 5a によりフランジ部 10 に取り付けられている。磁石ホルダ 5a は、水冷構造とされていて、第 1 冷媒入口 5c と第 1 冷媒出口 5d を有している。磁石ホルダ 5a を冷却することにより、第 1 磁石 5 の温度を一定に保ち、熱減磁によるプラズマ特性の変化を抑制する。また、第 1 磁石 5 とフランジ部 10 との間に非磁性の材料でできた第 1 磁石スペーサ 5b を挿入すれば、アンテナ容器 7 内の第 1 磁石 5 による磁界を弱めることができるので、アンテナ容器 7 内の磁界強度の分布を調節することができる。これと同じ趣旨で、第 1 磁石の位置を機械的に移動する手段を用いても良い。第 1 磁石 5 を単一の永久磁石で形成することで、小型化、コストダウンが図れる。

第 1 磁石 5 は中心導体 2 の中心軸 Z と平行する方向に着磁し、複数の第 2 磁石 8 の各々は中心導体 2 の中心軸 Z が延びる方向と直交する方向に着磁している。アンテナ容器 7 の中心から見た第 1 磁石 5 と第 2 磁石 8 を構成する個々の永久磁石の磁極は同じ極性（図 1 では N 極）としている。第 1 磁石 5 と第 2 磁石群による磁力を各々調整することにより、アンテナ容器 7 内では、広い範囲において中心導体 2 の中心軸 Z にほぼ平行な磁力線 30 が形成できる。

アンテナ容器 7 は筒状の筒部 7a と前側フランジ部 7b と後側フランジ部 7c とから筒部内空間にプラズマ生成空間が形成されている。そして、筒部 7a の内周と外部導体 3 のフランジ部 10 の筒部 7a 内の空間に露出する面は、石英ガラス等の耐熱性の絶縁物の内張絶縁部材 18 で覆っている。これにより、マイクロ波によって加熱されたプラズマが静電的に反射されて、アンテナ容器 7 内のプラズマ密度を増大させることができる。また、筒部 7a が加熱されるのを抑えることができる。筒部 7a および内張絶縁部材 18 をプラズマ容器 31 内の方へ突き出すことで、プラズマ容器 31 側のフランジ開口側面が隠され、プラズマ損失を減らすことができる。

図 6 および図 7 に示すように、アンテナ容器 7 がプラズマ容器 31 に連通する開口端 7d に、複数の小孔 29a を有する導電性の多孔電極 29 を設けてもよい。このように、小孔 29a の口径がマイクロ波の波長に対して十分小さければ、マイクロ波をアンテナ容器 7 内に閉じ込めることができ、1 台のプラズマ容器 31 に複数本のプラズマ発生装置を設置しても、マイクロ波の干渉や他の電気回路への侵入等の問題が起こらないようにもできる。なお、前記小孔 29a の孔形状は、図 7 のような円形だけでなく長円形等でも良いが、その長手寸法がマイクロ波の波長に対して十分小さいことが必要である。また、アンテナ容器 7 をプラズマ容器 31 に対し負電位に置くことで、プラズマ陰極として使用することもできる。

また、アンテナ容器 7 と外部との気密は、アンテナ容器 7 の後側フランジ部 7c と外部導体 3 のフランジ部 10 との間に介在したリングなどのアンテナ容器シール部材 17 により気密が保たれている。また、アンテナ容器 7 とプラズマ容器 31 との気密は、アンテ

10

20

30

40

50

ナ容器 7 の前側フランジ部 7 b とこれらの間に介在した O リングなどのプラズマ容器シール部材 19 により保たれている。なお、アンテナ容器 7 をプラズマ容器 31 に対し負電位に置き、プラズマ陰極として使用する場合は、アンテナ容器 7 とプラズマ容器 31 との間に絶縁性のフランジを介在させる。

第 2 磁石 8 は、この実施の形態では複数の角柱状の永久磁石を環状にアンテナ容器 7 の筒部 7 a の外側に、半径方向で中心方向に同じ極性の磁極（図 1 では N 極）が向くように配置して、第 2 磁石群を構成している。この磁極の向きは第 1 磁石 5 の近い側（アンテナ容器中心に向く側）の磁極と同じ極性としている。このように第 1 磁石 5 と第 2 磁石 8 の磁極を同一とすることにより、アンテナ容器 7 内には、中心導体 2 の中心軸 Z にほぼ平行な磁力線 30 が形成される。そして、第 2 磁石 8 は伝熱性に優れた素材（例えばアルミニウム）による第 2 磁石ホルダ 8 a に保持されている。第 2 磁石ホルダ 8 a は、水冷構造を有する前側フランジ部 7 b および後側フランジ部 7 c に締結されていて、各第 2 磁石 8 の温度を一定に保ち、熱減磁によるプラズマ特性の変化を抑制する。また、各第 2 磁石 8 とアンテナ容器 7 を構成する筒部 7 a との間に、非磁性の材料でできた第 2 磁石スペーサ 8 b を挿入すれば、アンテナ容器 7 内の第 2 磁石群（以下、第 2 磁石群 8 とも言う）による磁界を弱めることができるので、アンテナ容器 7 内の磁界強度の分布を調節することができる。これと同じ趣旨で、第 2 磁石 8 の位置を機械的に移動する手段を用いても良い。なお、本実施の形態では第 2 磁石群として複数の角柱状の永久磁石を用いたが、同等の効果が得られれば、円柱形や扇形などの永久磁石を利用しても良い。また、環状の第 1 磁石 5 や第 2 磁石群は、十分な強さの磁力を発生させるためには一体成型物であることが望ましいが、必要な性能が得られるならば分割した構造でも良い。

図 4 は、上記のように構成した図 1 のプラズマ発生装置 1 の中心導体 2 の中心軸上において、第 1 磁石 5 表面（P0）からの距離と、第 1 磁石 5 および第 2 磁石群 8 により生じた磁界の磁束密度との関係を示すグラフである。磁束密度の正の値は図 1 の矢印 Z 方向の磁束を表し、負の値は矢印 Z と逆方向の磁束を表している。

ところで、第 2 磁石群の幾何学中心が P2 であることから、第 2 磁石群 8 による磁界分布（一点鎖線）は P2 に対して反転対称となる。第 1 磁石 5 による磁界（鎖線）は距離とともに単調減少するのに対し、第 2 磁石群 8 による磁界（一点鎖線）は単調増加している。この結果、これらの合成された磁界（実線）は、前記 P1 から P3 までの区間においてほぼ一定の値となる。

前記 P1 から P3 までの区間の合成された磁界（実線）が、ECR 条件となるよう調整すれば、広い範囲でマイクロ波電力がプラズマに共鳴的に吸収され、高密度のプラズマを発生することができる。いま、放射されるマイクロ波の周波数： f [ヘルツ]、プラズマ中の電子の電荷： q [クーロン] 電子の質量： m [キログラム] とすると、ECR 条件となる磁界の磁束密度： B [テスラ] は、下記の計算式（1）で求められる。

$$B = 2 \pi f \cdot m / q \quad \cdots (1)$$

仮に、放射されるマイクロ波の周波数が、 $f = 2.45$ [ギガヘルツ] であるならば、ECR 条件を満たす磁界の磁束密度は、式（1）より、 $B = 0.0875$ [テスラ] = 875 [ガウス] となる。

次に、上記のように構成してなるプラズマ発生装置 1 を適用したプラズマ処理装置について、図 8 に示す一例によって説明する。

プラズマ容器 31 には、一方の壁面より放電ガス供給装置 32 がガス導入管 33 を介して連通され、他方の壁面には真空排気装置 34 が排気管 35 を介して連通されている。プラズマ容器 31 の底部には、被処理基板 37 を搭載した基板電極 36 が設置されており、任意の電圧（直流、高周波など）を印加できる。また、プラズマ容器 31 には、プラズマの密度分布を調整する目的で、プラズマ発生装置 1 とは別に永久磁石や電磁石などの磁界発生手段 38 を設けても良い。

次に、前記プラズマ処理装置の操作手順について説明する。まず、プラズマ容器 31 を真空排気装置 34 により真空引きし、アンテナ容器 7 内を減圧する。そして、放電ガス供給装置 32 より放電ガスを供給しつつ、マイクロ波電源 28 よりマイクロ波を矩形導波管

6、同軸伝送線路4を構成する中心導体2を介してアンテナ容器7に供給する。すると、第1磁石5と第2磁石群8によって形成されるアンテナ容器7内の磁界によりECRプラズマが発生する。このプラズマを利用して、プラズマ容器31においてエッチング、プラズマCVD処理、イオン注入そしてイオンビーム照射等の所要の処理を行う。

以上説明したように、本発明によれば、永久磁石を組み合わせることにより、広い帯域でECRプラズマを高効率で発生することができ、電磁石を使わないので、軽量で小型化を図ることができる。

なお、本発明のプラズマ発生装置は、上述の実施の形態に限られるものではない。例えば、図9に示すように、マイクロ波を電源から矩形導波管を介して同軸伝送線路に供給しないで、マイクロ波電源から同軸ケーブルを介して供給する構成としてもよい。

図9に示す実施の形態のプラズマ発生装置において、上記実施の形態の装置と同様な作用をする部分については同一符号を付して詳細な説明は省略する。

この実施の形態のプラズマ発生装置1は、中心導体2と、これと同軸に外側に配置された外部導体3と、中心導体2と外部導体3とで構成した同軸伝送線路4aと、外部導体3を囲む環状の第1磁石5と、マイクロ波電源28からマイクロ波を中心導体2に供給する同軸ケーブル60とを備える。さらに、同軸ケーブル60と同軸伝送線路4a等の同軸伝送部材とを連結する接続コネクタ61を備える。さらに、上記実施の形態のプラズマ発生装置1と同様に、中心導体2の先端部を位置させる円筒状のアンテナ容器7と、このアンテナ容器7の外周に中心導体2と同軸、かつ環状に配置された第2磁石8と、アンテナ容器7内に位置する中心導体2の先端部を保護する被覆部材9とを備える。

同軸伝送線路4aは、中心導体2と外部導体3との間の空間に形成され、セラミックス等の誘電体を充填している。そして、これら中心導体2、外部導体3、誘電体等により伝送部を形成している。このように誘電体を充填することにより、中心と外部の両導体2、3間の間隔を小さくとっても、放電を防止することができる。

同軸ケーブル60は、中心導体2と電氣的に接続する中央導体62と、外側導体63を備える。中央と外部の両導体62、63間にポリエチレン等の誘電体が充填されている。マイクロ波発生装置と伝送部とを同軸ケーブル60により接続することにより、導波管を無くして構造を簡単にし、小型化を図っている。

接続コネクタ61は、真空シール部材11aを備えるとともに、図示しない絶縁部材を備える。そして、外部導体3と外側導体63とは図示しない絶縁材によって電氣的に絶縁している。

この実施の形態のプラズマ発生装置によれば、中心導体の軸心方向に平行に着磁した第1磁石と、この着磁方向と直交する方向に着磁した第2磁石とを備える。そして、マイクロ波電源に直接、同軸伝送線路に相当する同軸ケーブルを接続している。これにより、電力効率を良くし、構造を簡単にし、小型にすることができる。

また、本発明のプラズマ発生装置を、図10に示すように、アンテナ容器を4角形等の多角形としてもよい。この実施の形態において、上記実施の形態の装置と同様な作用をなす部分については同一符号を付して詳細な説明は省略する。

この実施の形態のプラズマ発生装置では、中心導体2の先端部を位置させるアンテナ容器70と、このアンテナ容器70の外周に中心導体2との延びる方向に直交する方向に着磁された第2磁石8等を備える。

プラズマ発生装置を角形のアンテナ容器で構成することにより、プラズマ処理装置において、構造を簡単にし、小型化を図ることができる。

この実施の形態のプラズマ発生装置では、中心導体2の先端部を位置させるアンテナ容器70と、このアンテナ容器70の外周に中心導体2との延びる方向に直交する方向に着磁された第2磁石8等を備える。

プラズマ発生装置を角形のアンテナ容器で構成することにより、プラズマ処理装置において、構造を簡単にし、小型化を図ることができる。

さらに、本発明のプラズマ発生装置は、上記実施の形態に限られないことはもちろんである。例えば、熱伝達をさらに改善する目的で、被覆部材9と中心導体2との接触部を接

10

20

30

40

50

着やロウ付けなどの手段を用いて接合してもよいし、中心導体 2 の表面に溶射法を用いて被覆部材 9 を直接形成してもよい。

また同様の目的で、内張絶縁部材 18 は、アンテナ容器 7 の筒部 7 a およびフランジ部 10 の筒部 7 a 内の空間に露出する面との接触部を接着やロウ付けなどの手段を用いて接合してもよいし、アンテナ容器 7 の筒部 7 a およびフランジ部 10 の筒部 7 a 内の空間に露出する面に、溶射法を用いて内張絶縁部材 18 を直接形成してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0009】

薄膜形成、微細加工プロセス、イオンビーム照射等に適用される。

【符号の説明】

10

【0010】

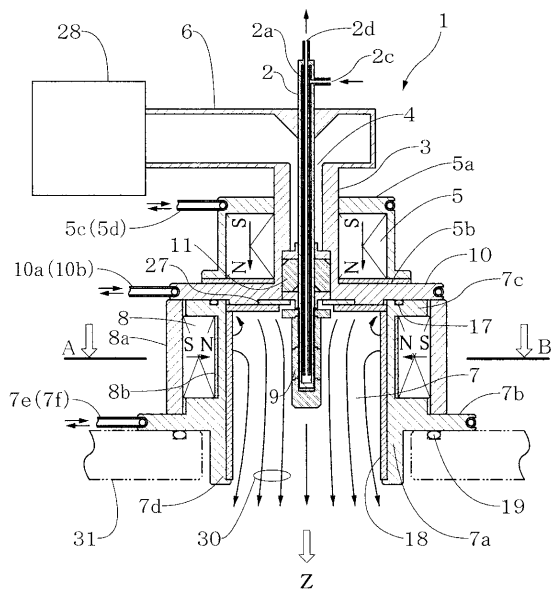
1	プラズマ発生装置	
2, 6 2	中心導体	
2 a	内管	
2 b	中心導体のオネジ	
2 c	中心導体冷媒入口	
2 d	中心導体冷媒出口	
3, 6 3	外部導体	
4, 4 a	伝送線路	
5	第 1 磁石	20
5 a	第 1 磁石ホルダ	
5 b	第 1 磁石スペーサ	
5 c	第 1 冷媒入口	
5 d	第 1 冷媒出口	
6	矩形導波管	
7, 7 0	アンテナ容器	
7 a	筒部	
7 b	前側フランジ部	
7 c	後側フランジ部	
7 d	開口端	30
7 e	アンテナ容器冷媒入口	
7 f	アンテナ容器冷媒出口	
8	第 2 磁石	
8 a	第 2 磁石ホルダ	
8 b	第 2 磁石スペーサ	
9	被覆部材	
10	フランジ部	
10 a	フランジ部冷媒入口	
10 b	フランジ部冷媒出口	
11	真空シール部材	40
12	前部押さえ部材	
13	後部押さえ部材	
14	同軸シール部材	
15	前側リング	
16	後側リング	
17	アンテナ容器シール部材	
18	内張絶縁部材	
19	プラズマ容器シール部材	
22	先端絶縁部材	
23	中間部絶縁部材	50

- 2 4 根元部絶縁部材
- 2 5 鐳状絶縁部材
- 2 6 クッション部材
- 2 7 セット板
- 2 8 マイクロ波電源
- 2 9 多孔電極
- 2 9 a 多孔電極の小孔
- 3 0 磁力線
- 3 1 プラズマ容器
- 3 2 放電ガス供給装置
- 3 3 ガス導入管
- 3 4 真空排気装置
- 3 5 排気管
- 3 6 基板電極
- 3 7 被処理基板
- 3 8 磁界発生手段
- 6 0 同軸ケーブル
- 6 1 接続コネクタ

10

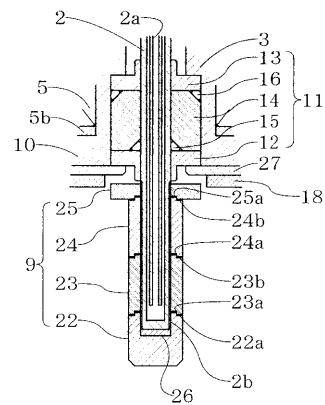
【図 1】

図 1



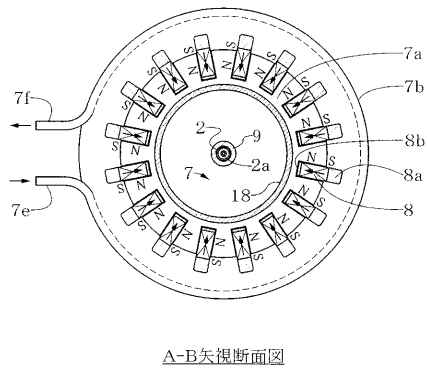
【図 2】

図 2



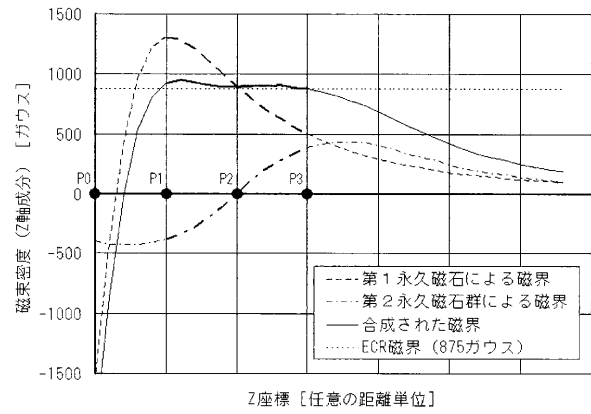
【図 3】

図 3



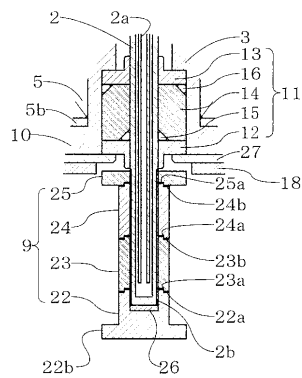
【図 4】

図 4



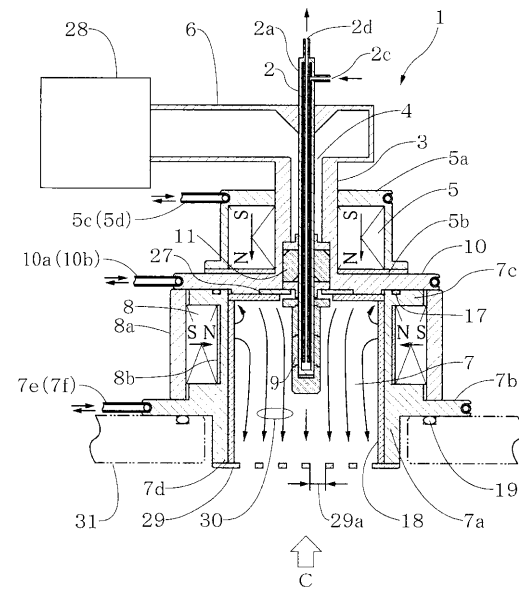
【図 5】

図 5



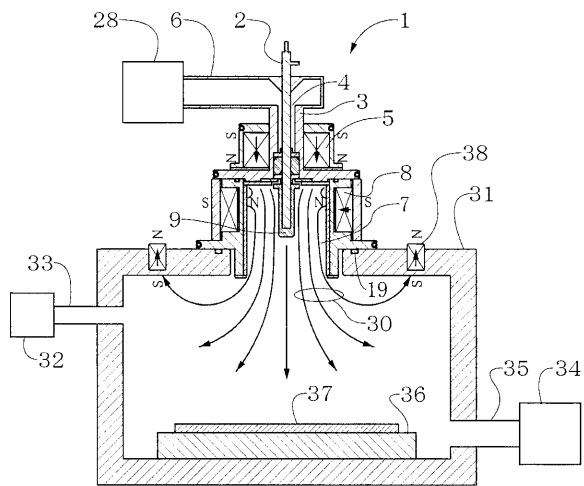
【図 6】

図 6



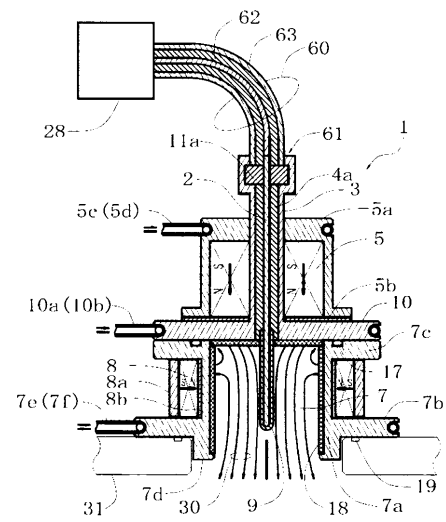
【図 8】

図 8



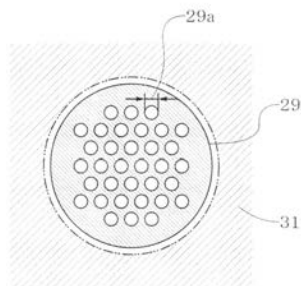
【図 9】

図 9



【図 7】

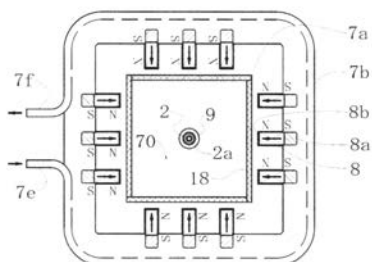
図 7



C方向矢視図

【図 10】

図 10



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2014/083810									
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H05H1/46(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/31(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) C23C14/00-16/56, C23F1/00-4/04, H01L21/203-21/205, 21/302, 21/3065, 21/31, 21/363-21/365, 21/461, 21/469, 21/86, H05H1/00-1/54, H01J37/32 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 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)											
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 7-169594 A (Nissin Electric Co., Ltd.), 04 July 1995 (04.07.1995), entire text; all drawings (Family: none)</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 7-296991 A (Kokusai Electric Co., Ltd., Noriyoshi SATO), 10 November 1995 (10.11.1995), entire text; all drawings (Family: none)</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	JP 7-169594 A (Nissin Electric Co., Ltd.), 04 July 1995 (04.07.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-6	A	JP 7-296991 A (Kokusai Electric Co., Ltd., Noriyoshi SATO), 10 November 1995 (10.11.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
A	JP 7-169594 A (Nissin Electric Co., Ltd.), 04 July 1995 (04.07.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-6									
A	JP 7-296991 A (Kokusai Electric Co., Ltd., Noriyoshi SATO), 10 November 1995 (10.11.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-6									
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.											
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> "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 </td> </tr> </table>			* 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							
* 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 05 March 2015 (05.03.15)		Date of mailing of the international search report 17 March 2015 (17.03.15)									
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 4 / 0 8 3 8 1 0											
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H05H1/46(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/31(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（I P C）） Int.Cl. C23C14/00-16/56, C23F1/00-4/04, H01L21/203-21/205, 21/302, 21/3065, 21/31, 21/363-21/365, 21/461, 21/469, 21/86, H05H1/00-1/54, H01J37/32													
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1 9 2 2 - 1 9 9 6 年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1 9 7 1 - 2 0 1 5 年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1 9 9 6 - 2 0 1 5 年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1 9 9 4 - 2 0 1 5 年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年	日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年	日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年	日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年		
日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年												
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年												
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年												
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 7-169594 A（日新電機株式会社）1995.07.04, 全文, 全図（ファミリーなし）</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 7-296991 A（国際電気株式会社、佐藤 徳芳）1995.11.10, 全文, 全図（ファミリーなし）</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table>				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 7-169594 A（日新電機株式会社）1995.07.04, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6	A	JP 7-296991 A（国際電気株式会社、佐藤 徳芳）1995.11.10, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6	
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 7-169594 A（日新電機株式会社）1995.07.04, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6											
A	JP 7-296991 A（国際電気株式会社、佐藤 徳芳）1995.11.10, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6											
☐ 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 <table border="0"> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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）</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&」 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>				「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	「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	「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	「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	「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）	「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	「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献	「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
「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	「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												
「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	「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												
「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）	「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												
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献												
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願													
国際調査を完了した日 0 5 . 0 3 . 2 0 1 5		国際調査報告の発送日 1 7 . 0 3 . 2 0 1 5											
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 鳥居 祐樹 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3											

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JP, 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

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。