(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4467556号
(P4467556)
(45)発行日　平成22年5月26日(2010.5.26)　(24)登録日　平成22年3月5日(2010.3.5)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 21/3065 (2006.01)　H01L 21/302 104H
H05H 1/24 (2006.01)　H05H 1/24

請求項の数 8　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2006-330875 (P2006-330875)
(22)出願日　平成18年12月7日 (2006.12.7)
(65)公開番号　特開2007-184569 (P2007-184569A)
(43)公開日　平成19年7月19日 (2007.7.19)
審査請求日　平成19年12月19日 (2007.12.19)
(31)優先権主張番号　特願2005-356256 (P2005-356256)
(32)優先日　平成17年12月9日 (2005.12.9)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
(74)代理人　100064746
弁理士　深見　久郎
(74)代理人　100085132
弁理士　森田　俊雄
(74)代理人　100083703
弁理士　仲村　義平
(74)代理人　100096781
弁理士　堀井　豊
(74)代理人　100098316
弁理士　野田　久登
(74)代理人　100109162
弁理士　酒井　將行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】プラズマプロセス装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
２つの電極部を互いに対向配置させ、前記２つの電極部の間に発生するプラズマにより被処理物に対して処理を行うプラズマプロセス装置であって、
前記２つの電極部のうちの少なくとも一方の電極部は、
金属電極と、
前記金属電極を覆うように設けられた第１の誘電体部材と、
前記第１の誘電体部材を冷却するための冷却手段とを含み、
前記第１の誘電体部材は、他方の電極部に対向する対向面を含む基部と、前記基部とで前記金属電極を覆うように設けられた側壁部とを有し、
前記冷却手段は、前記金属電極に対して設けられた冷却媒体の経路に相当し、
前記第１の誘電体部材の基部の前記対向面側の反対の裏面側と対向する前記金属電極とは接触状態となるように配置され、
前記第１の誘電体部材の側壁部における前記金属電極と対向する面と前記金属電極とは、非接触状態となるように配置される、プラズマプロセス装置。
【請求項２】
前記第１の誘電体部材の側壁部と対向する前記金属電極との間には、断熱材が挿入される、請求項１に記載のプラズマプロセス装置。
【請求項３】
前記第１の誘電体部材は、前記基部と前記側壁部とを有するＵ字型の断面形状を有する

、請求項１または２に記載のプラズマプロセス装置。
【請求項４】
前記電極部は、
前記第１の誘電体部材と組み合わされて前記金属電極を囲むように設けられた第２の誘電体部材と、
前記金属電極を前記第１の誘電体部材の基部における、前記対向面側の反対の裏面側に押圧するための押圧機構とをさらに含む、請求項１～３のいずれかに記載のプラズマプロセス装置。
【請求項５】
前記押圧機構は、
前記金属電極に接して設けられる部材と、
前記部材を前記金属電極との間に挟みこみ、前記第２の誘電体部材に形成された挿通孔にねじり込むことにより前記部材を抑えつけるボルトとを有する、請求項４記載のプラズマプロセス装置。
【請求項６】
前記部材は、弾性体である、請求項５記載のプラズマプロセス装置。
【請求項７】
前記第１の誘電体部材の基部の前記対向面側は、前記金属電極の一方向に沿って中央部が凹型に成型される、請求項１～６のいずれかに記載のプラズマプロセス装置。
【請求項８】
前記被処理物は、互いに対向配置された前記２つの電極部間の空間に通される、請求項１～７のいずれかに記載のプラズマプロセス装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、薄膜形成・加工、および、表面処理用のプラズマプロセス装置に関し、更に詳しくは、プラズマを発生させ、基板に対してプラズマ処理を行なうプラズマプロセス装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体、フラットパネルディスプレイ、太陽電池などのさまざまな電子デバイスの製造には、エッチング、成膜、アッシング、表面処理などのさまざまなプラズマ処理を行なうプラズマプロセス装置が用いられている。上記のデバイスのうち、特にフラットパネルディスプレイや薄膜アモルファスシリコンを用いた薄膜太陽電池などのデバイスは、デバイスの大型化と製造コスト削減のため、基板などの被処理物の一辺の長さが２ｍ以上に大型化しており、これに伴ってプラズマプロセス装置も大型化してきている。
【０００３】
プラズマプロセス装置の多くは、処理速度や処理品質などからプラズマ生成のための電源としてＲＦ帯やＶＨＦ帯の周波数の高周波電源を用いている。例えば、一辺が２ｍの基板を処理するプラズマ処理装置は、少なくとも１辺が２ｍを超える相応の長さをもった電極が必要となる。
【０００４】
上記のようなプラズマプロセス装置は、従来は減圧下でのプラズマを利用するものが通常であったが、近年は大気圧、または、大気圧近傍でプラズマ処理を行なうプラズマプロセス装置も実用化されてきている。大気圧、または、大気圧近傍でプラズマプロセス装置は、真空容器を必要とせず装置サイズを小さくできる。また、プラズマの活性種の密度が高いため処理速度を高くすることができる。さらに、装置構成によっては被処理基板一枚当りの処理時間をほぼプラズマ処理の時間に等しくできるなどの利点がある。その一方で、処理速度を高めるため、投入電力を高めると金属電極部が表面に露出している場合にアーク放電となってしまうため、金属電極表面は固体誘電体で被覆するのが通例である。こ

のように金属電極を固体誘電体で被覆した電極同士を対向させ高電圧を印加すると固体誘電体間でプラズマが発生するが、このとき金属電極と金属電極表面を被覆する固体誘電体に隙間が数十ｎｍ以上あると、その隙間で異常放電が発生する場合がある。

【０００５】

上記の問題は、例えば、特許文献１に、金属電極と固体誘電体の隙間での異常放電防止のために、この隙間をなくすための誘電体支持方法が開示されている。また、金属電極と誘電体の隙間を接着剤で隙間を埋める方法も開示されているが、金属と誘電体では線膨張率、および、温度上昇量の差があり、熱膨張量を同一にすることは困難で接着部が剥がれる場合があった。このため、特許文献２では、金属電極と誘電体の熱膨張差を吸収するため熱膨張差を吸収できる接着剤を用いて金属電極と誘電体を接着する方法を開示している。

【特許文献１】特開２００５－１９１５０号公報

【特許文献２】特開２００４－２８８４５２号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、対向電極の対向面の１方向が１ｍ以上の長い電極となると、長さ方向の熱膨張量の問題よりも、固体誘電体のプラズマ照射面とその反対側の金属電極と接する面側との温度差による反り量の方が大きくなる場合が生じ、特に大気圧プラズマに代表される高圧プラズマを用いる場合、電極間のギャップが数ｍｍオーダーと狭いので、その電極間のギャップが長さ方向で無視できない程度に変動し、プロセス等に影響を与える場合がある。このことは、真空のプラズマプロセス装置においても電極間が３０ｍｍ程度以下のギャップが狭い場合においても同様である。しかし、そのような課題に対する解決方法については上記いずれの文献にも開示されていない。

【０００７】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、その主な目的は、プラズマの発生により誘電体のプラズマ照射面側とその裏面の金属電極側との温度差により生ずる反り量をできるだけ低減することにより、電極間のギャップが数ｍｍ程度と非常に狭い場合においてもそのギャップ量にほとんど影響を与えない、均一性の高いプラズマプロセス装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明に係るプラズマプロセス装置は、２つの電極部を互いに対向配置させ、２つの電極部の間に発生するプラズマにより被処理物に対して処理を行うプラズマプロセス装置であって、２つの電極部のうちの少なくとも一方の電極部は、金属電極と、金属電極を覆うように設けられた第１の誘電体部材と、第１の誘電体部材を冷却するための冷却手段とを含む。第１の誘電体部材は、他方の電極部に対向する対向面を含む基部と、基部とで金属電極を覆うように設けられた側壁部とを有する。冷却手段は、金属電極に対して設けられた冷却媒体の経路に相当する。第１の誘電体部材の基部の対向面側の反対の裏面側と対向する金属電極とは接触状態となるように配置される。第１の誘電体部材の側壁部における金属電極と対向する面と金属電極とは、非接触状態となるように配置される。

【００１２】

特に、第１の誘電体部材の側壁部と対向する金属電極との間には、断熱材が挿入される。

【００１３】

好ましくは、第１の誘電体部材は、基部と側壁部とを有するＵ字型の断面形状を有する。

【００１４】

好ましくは、電極部は、第１の誘電体部材と組み合わされて金属電極を囲むように設けられた第２の誘電体部材と、金属電極を第１の誘電体部材の基部における、対向面側の反

対の裏面側に押圧するための押圧機構とをさらに含む。

【００１５】

特に、押圧機構は、金属電極に接して設けられる部材と、部材を金属電極との間に挟みこみ、第２の誘電体部材に形成された挿通孔にねじり込むことにより部材を抑えつけるボルトとを有する。

【００１６】

特に、部材は、弾性体である。

好ましくは、第１の誘電体部材の基部の対向面側は、金属電極の一方向に沿って中央部が凹型に成型される。

【００１７】

好ましくは、被処理物は、互いに対向配置された２つの電極部間の空間に通される。

【発明の効果】

【００１８】

本発明のプラズマプロセス装置によれば、金属電極に対して冷却手段を設け、第１の誘電体部材の基部の対向面側の反対の裏面側と対向する金属電極とは接触状態となるように配置される。また、第１の誘電体部材の側壁部における金属電極と対向する面と金属電極とは、非接触状態となるように配置される。第１の誘電体部材の側壁部の温度差による反りをできるだけ小さくすることにより、第１の誘電体部材の側壁部の基部に生じる反りを低減することができる。これにより、電極間の距離にほとんど影響を与えない、均一性の高いプラズマプロセス装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２０】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。尚、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

【００２１】

（実施の形態１）

図１は、本発明の実施の形態１に従うプラズマプロセス装置の断面を説明する図である。本発明の実施の形態１に従うプラズマプロセス装置は、インライン方式の基板処理や、シート状、あるいは、ロール状の被処理物の処理をするプラズマプロセス装置であり、ここでは、ＹＺ方向断面が示されている。

【００２２】

図1を参照して、本発明の実施の形態1に従うプラズマプロセス装置は、対向電極型で対向する電極部１ａ，１ｂとから成っている。電極部１ａ，１ｂは、それぞれ被処理基板２０の被処理面２１に対して、鉛直方向上方（Ｚ軸方向正側）、及び、鉛直方向下方（Ｚ軸方向負側）に配置されている。また、電極部１ａと電極部１ｂとのギャップ間隔は、３～１０ｍｍの範囲の間の適当な値が選択されて設定されているものとする。

【００２３】

次に、電極部１ａ，１ｂの構成について詳細に説明する。

図２は、本発明の実施の形態１に従う電極部１ａ，１ｂを詳細に説明する図である。なお、電極部１ａ，１ｂの構成は、配置がＸＹ面に対して対称であるのみで構成については一部を除いて同じである。

【００２４】

図２を参照して、本発明の実施の形態に従う電極部１ａ，１ｂは、金属電極２ａ，２ｂと、金属電極２ａ，２ｂを覆うように略Ｕ字型に形成された誘電体３ａ，３ｂと、略Ｕ字型に形成された誘電体３ａ，３ｂと組み合わされて金属電極２ａ，２ｂを密閉する略Ｔ字型の誘電体４ａ，４ｂと、誘電体４ａ，４ｂの上部、および、下部に設けられ、内部にガス流路が設けられた金属電極７ａ，７ｂと、金属電極７ａ，７ｂの各々の両側に設けられた略Ｉ型の誘電体５ａ，５ｂとがある。そして、電極部１ａには、電極部１ｂと異なり、誘電体５ａの一部を凹型に形成してその凹型に形成された部分に埋設された金属電極６ａを含んでいる。

【００２５】
金属電極２ａ，２ｂの内部には、金属電極、および、Ｕ字型誘電体を冷却するための冷却水流路９ａ，９ｂが設けられ、各流路の両端で図示しない冷却水導入口、及び、冷却水排出口に接続されている。
【００２６】
本例においては、一例として長尺金属電極が用いられて、金属電極２ａ，２ｂは、Ｙ軸方向を示す幅３３ｍｍ、Ｚ軸方向を示す高さ１４ｍｍ、Ｘ軸方向を示す長さ２５５０ｍｍとして設けられる。また、誘電体３ａ，３ｂは、略Ｕ字型の幅４２ｍｍ、高さ３０ｍｍ、長さ２６５０ｍｍとして設けられる。また、誘電体４ａ，４ｂは、略Ｔ字型の幅４２ｍｍ、高さ３０ｍｍ、長さ２６５０ｍｍとして設けられる。誘電体５ａ，５ｂは、略Ｉ字型の幅８ｍｍ、高さ６５ｍｍ、長さ２６５０ｍｍとして設けられる。金属電極６ａは、幅４ｍｍ、高さ４ｍｍ、長さ２７５０ｍｍとして設けられる。また、冷却水流路９ａ，９ｂは、断面形状が直径８ｍｍの円形として設けられる。そして、金属電極２ａ，２ｂの底面部分から７ｍｍの高さを中心位置として冷却水流路９ａ，９ｂが設けられている。
【００２７】
ここで、金属電極２ａは、略Ｕ字型の誘電体３ａと略Ｔ字型の誘電体４ａとにより長尺方向の４面が覆われており、金属電極間でアーク放電が生じるのを防止している。金属電極６ａと金属電極２ａとの対向側には、略Ｉ字型の誘電体５ａが設けられている。また、金属電極７ａと金属電極２ａとの対向側には、略Ｔ字型の誘電体４ａが設けられており、上記と同様にアーク放電が生じるのを防止している。電極部１ｂについてもほぼ同様である。
【００２８】
金属電極の材料は、アルミニウム（Ａｌ）、または、ステンレス（ＳＵＳ）などの導電率の高い金属材料からなり、その表面は誘電体との間で隙間が生じ、アーク放電が生じるのを防止するため必要に応じてアルマイトやアルミナ溶射などの表面処理が行なわれている。
【００２９】
誘電体の材料としては、アルミナや窒化アルミなどの誘電率が高く、熱伝導率も大きい誘電材料が用いられる。
【００３０】
図１を再び参照して、略Ｉ字型の誘電体５ａと略Ｕ字型の誘電体３ａとの間には１ｍｍ程度の隙間８ａが設けられおり、図示しないガス導入口より、プロセスガスをガス導入方向８ａ，８ｂに導入できる構成となっている。
【００３１】
そして、金属電極２ａ及び２ｂは、例えば、周波数３０ｋＨｚの高周波電源の高圧印加側に各々逆位相となるよう接続されている。そして金属電極６ａと金属電極７ａ，７ｂは、高周波電源の接地側と接続されている。
【００３２】
また、電極部１ａにおいて、ボルト挿通孔にボルト３１ａがねじ込まれて、略Ｕ字型の誘電体３ａが略Ｔ字型の誘電体４ａとが固定されている。ボルト挿通孔にボルト３０ａがねじ込まれて、金属電極７ａと両側にある略Ｉ字型の誘電体５ａが固定されている。なお、電極部１ｂについても同様である。
【００３３】
次に、電極部１ａ，１ｂを用いたプラズマプロセス処理について説明する。
図示していないが、電極部１ａ，１ｂの周囲にはこれらを支える筐体がある。そして、大気圧、あるいは、大気圧近傍の圧力下で、ガス導入口よりガス導入方向に従って隙間８ａ，８ｂに、例えば、Ｈｅ＝８０ＳＬＭ、$Ｎ_2$＝４０ＳＬＭ、$Ｏ_2$＝０．６ＳＬＭ、を混合したプロセスガスを数１０秒以上導入し続けて、電極部１ａ，１ｂ付近の雰囲気を空気からプロセスガス雰囲気に置換する。
【００３４】

その後、電極部１ａ，１ｂの冷却水流路９ａ，９ｂに冷却水を流し、金属電極２ａ，２ｂに周波数３０ｋＨｚ、電圧７．５ｋＶを高周波電源からそれぞれ逆位相で印加すると、金属電極２ａ，２ｂ間には電圧１５ｋＶの電圧が印加される。

【００３５】

そうすると、金属電極２ａと金属電極６ａとの間の空隙部に種プラズマＰ２が生成され、金属電極２ａと２ｂとの間の空隙部にメインプラズマＰ１が生成される。これらのプラズマ生成の後、レジストなどの有機物が成膜された２１００ｍｍ×２４００ｍｍ×０．７ｍｍの被処理基板２０を電極部１ａ，１ｂ間に搬送用コロ１０を用いてインラインでメインプラズマＰ１中に通す。このことにより被処理基板２０のレジストをアッシング処理したり、ガラス基板部分の親水処理を行うことができる。

【００３６】

上記電極のアッシング量などの処理能力は、プロセスガスの種類、構成比率、総流量、高周波電源の周波数、メインプラズマＰ１部での消費電力、金属電極２ａ、及び、金属電極２ｂの搬送方向の長さ、電極部間のギャップ、被処理基板の搬送速度、及び、プロセスガスの流速などによって決定される。

【００３７】

なお、プロセスで必要とされるアッシング量などの処理能力等により、上記で説明した電極部が複数組、搬送方向に配置される構成としたり、電極部１ａ，１ｂの金属電極２ａ，２ｂの幅を変更したりすることが可能である。

【００３８】

なお、本例においては、一例として電極部１ａ，１ｂ間に被処理基板２０を通すいわゆるダイレクト型のプラズマプロセス装置について説明するが、本発明は、直接電極部間を通すことなく、プラズマ処理を実行するいわゆるリモート型のプラズマプロセス装置においても同様に適用可能である。

【００３９】

図３は、電極部１ａのうち金属電極部２ａと略Ｕ字型の誘電体３ａとの関係を説明する図である。なお、以下では、電極部１ａについて説明するが、電極部１ｂについても電極部１ａとほぼ同様の構成でありその詳細な説明は繰り返さない。

【００４０】

ここでは、主に電極部１ａについて説明する。

図３に示されるように上記の構成のプラズマプロセス装置において、電極部１ａのうち略Ｕ字型の誘電体３ａの被処理基板面側（電極部１ｂに対向する対向面側、プラズマ放電面側）は、メインプラズマＰ１、及び、種プラズマＰ２に直接曝されているため、プラズマから熱量が流入し、温度が上昇する。

【００４１】

このため、誘電体の３ａの被処理面の反対面側は、金属電極２ａと可能な限り接するように設計して誘電体３ａの被処理面とは反対側の金属電極２ａの内部を流れる冷却水の熱量により誘電体に流入した熱量を奪う構造としている。

【００４２】

しかしながら、加工精度上、数１０μｍ～数１００μｍ程度の隙間が生じる場合がある（底面部隙間量）。特に金属電極２ａは周囲の誘電体とは締結されていない構造である。金属電極２ａは、自重により構成上誘電体３ａのプラズマ放電面の裏面側に当たる構成となっているが、Ｘ方向（電極長手方向）の反り等により隙間が発生する場合がある。一方、電極部１ｂは、電極部１ａと上下逆の構成になるため、金属電極２ｂは自重により構成上誘電体４ｂに当たる構成となっており、底面部隙間量は部品精度にもよるが電極部１ａに比べ大きくなりやすい。

【００４３】

本例においては、一例として図１の構成において、金属電極２ａと誘電体４ａとの間の領域１１に数１０μｍ～数１００μｍの厚さのガラス、テフロン（登録商標）、フッ素ゴムなどの絶縁材料のシム等を用いて底面部隙間量が２０μｍ以下となるように数枚挿入し

て押さえつけて調整しており、誘電体の熱を冷却水の熱量により金属電極で奪い、誘電体３ａの底面部と金属電極２ａとの間に流れる熱流束が高くなる構造としている。なお、底面部隙間量を小さくするために薄い接着剤を金属電極２ａと誘電体３ａの底面側（底面部）との間に塗布することも可能である。

【００４４】

このため、略Ｕ字型の誘電体３ａの底面側（底面部）の表裏すなわち被処理面側とその反対側との間には温度差が発生する。この温度差により誘電体の表裏に熱膨張量の差が生じるため底面部分だけを考えると、略Ｕ字型の誘電体３ａはＸ方向に長いためＸ方向の両端を固定して考えるとＺ方向に反りが大きくなることが予想される。

【００４５】

本実施の形態１においては、略Ｕ字型の誘電体３ａの側壁部分（側壁部）において、金属電極２ａとの間に０．５ｍｍ程度の隙間が開くように部分的に熱伝導率の小さい断熱材、遮熱物あるいは絶縁材料等を挟むなどの方法で調整する。すなわち、誘電体３ａの側壁部分と金属電極とは非接触状態に設定して誘電体３ａの側壁部分と金属電極２ａとの間に流れる熱流束が低くなるようにしている。

【００４６】

言い換えるならば、誘電体３ａの側壁部分と冷却水が流れる金属電極２ａとの間の熱抵抗を誘電体３ａの底面側と冷却水が流れる金属電極２ａとの間の熱抵抗よりも高くなるようにしている。

【００４７】

当該構成により、略Ｕ字型の誘電体３ａの底面側（底面部）の表裏の温度差よりも、略Ｕ字型の誘電体３ａの側壁部のＺ方向（鉛直方向）の温度差を小さくして、略Ｕ字型の誘電体３ａの側壁部でのＺ方向の反りを低減する。これにより、側壁部と結合されている略Ｕ字型の誘電体３ａの底面部のＺ方向の反りを抑制する。

【００４８】

したがって、表裏の底面部だけの温度差では生じてしまう誘電体３ａのＺ方向の反りをＵ字型の誘電体３ａの側壁部分を用いることにより抑えることができる。

【００４９】

次の表は、本発明の実施の形態１に従うプラズマプロセス装置の図３をモデル化した熱解析シミュレーション結果である。

【００５０】

【表１】

	パラメータ		解析結果					
	底面部隙間量 d1[mm]	側壁部隙間量 d2[mm]	底面部温度差 T1-T2 [℃]	側壁部温度差 T3-T4 [℃]	X方向変位量 [μm]	Y方向変位量 [μm]	Z方向変位量 [μm]	全変位量 [μm]
本実施例	0.02	0.5	5.4	0.5	477	8	603	769
比較例１	0.02	0.02	4.5	10.7	384	7	5058	5073
比較例２	0.50	0.02	0	34.1	948	17	17550	17575

【００５１】

このシミュレーションにおいては、プラズマはメインプラズマＰ１のみを考慮し、メインプラズマＰ１が照射される部分に熱流束Ｋ１を３．８×１０^{4}Ｗ／ｍ^{2}と与え、金属電極２ａの冷却水流路部分に対流条件Ｋ２を与え、対流係数は３．０×１０^{3}Ｗ／ｍ・Ｋ、周囲温度を２０℃とした。なお、この値は、実際にプラズマ処理を行ったときの温度測定実験結果に基づき決定したものである。

【００５２】

また、金属電極２ａの材料はアルミニウム（Ａｌ）とし、誘電体３ａは９９．５％のア

ルミナとして各材料の熱伝導率、ヤング率、線膨張率等の物性値を設定している。金属電極２ａと誘電体３ａとの間には隙間を設け、隙間部分の熱伝導率は空気の熱伝導率としている。

【００５３】

図４は、電極部１ａのうち金属電極２ａと略Ｕ字型の誘電体３ａにおける温度測定点を説明する図である。

【００５４】

図４を参照して、誘電体３ａの底面部の表裏の温度を温度Ｔ１，Ｔ２として標記する。温度Ｔ１は、底面部におけるプラズマ放電面側の誘電体３ａの温度を指すものとする。また、温度Ｔ２は、底面部におけるプラズマ放電面側の裏側の誘電体３ａの温度を指すものとする。また、温度Ｔ３，Ｔ４は、誘電体３ａの側壁部分におけるプラズマ放電面側とその反対側の温度を指すものとする。ここで、底面部温度差をＴ１－Ｔ２とし、側壁部温度差をＴ３－Ｔ４とする。

【００５５】

なお、底面部隙間量ｄ１と側壁部の隙間量である側壁部隙間量ｄ２をパラメーターとして熱解析を行った。

【００５６】

代表的な解析例を以下に示す。

本実施例として温度測定の結果も考慮し、底面部隙間量ｄ１を０．０２ｍｍ、側壁部隙間量ｄ２を０．５ｍｍに設定した。（なお、上記の値のうち底面部の状態は、ほとんど接触している状態であったが、実際の温度測定結果にあうように隙間量を決めたため、０ではなく０．０２ｍｍとしている。）

表に示されるように、この場合の底面部温度差（Ｔ１－Ｔ２）は５．４℃であるが、側壁部の鉛直方向の温度差（Ｔ３－Ｔ４）は０．５℃となるため誘電体３ａのＺ方向の変位量が６０３μｍとなり、２６５０ｍｍの長さの長尺電極でも電極間のギャップ間隔の変化量を１ｍｍ程度に抑えることができた。

【００５７】

一方、比較例１として、底面部隙間量ｄ１を０．０２ｍｍ、側壁部隙間量ｄ２を０．０２ｍｍとした場合、つまり金属電極２ａと誘電体３ａが、底面部および側壁部でともに実質的に接触している場合について熱解析シミュレーションを行なった。また、比較例２として、底面部隙間量ｄ１を０．５ｍｍ、側壁部隙間量ｄ２を０．０２ｍｍとした場合、つまり金属電極２ａと誘電体３ａの側壁部のみが実質的に接触している場合について熱解析シミュレーションを行なった。

【００５８】

比較例１では本実施例と側壁部の隙間量ｄ２だけが違う場合の例であるが、側壁部の隙間量ｄ２が小さいため誘電体３ａの側壁部が金属電極２ａにより冷却され、誘電体３ａの側壁部の鉛直方向の温度差が１０．７℃となるため、底面部の温度差（Ｔ１－Ｔ２）は本実施例と比較例１とであまり変わらないが、比較例１でのＺ方向の変位量は５ｍｍ以上となり、本実施例のＺ方向の変位量の８倍以上に増加するため、電極間のギャップ間隔が１０ｍｍ程度の場合では、反り量が大きくなる電極中心部ではギャップがなくなる結果となり、プラズマプロセス装置として構成できない結果が示されている。

【００５９】

また、比較例２において、底面部隙間量ｄ１が０．５ｍｍで側壁部隙間量ｄ２が０．０２ｍｍの場合の例であるが、誘電体３ａの底面部では金属電極２ａによる冷却がほとんど行なわれないが、側壁部は冷却されるため、誘電体３ａの側壁部の温度差が３４．１℃と非常に大きくなり、Ｚ方向の変位量が本実施例の２９．１倍となり、反り量が１７ｍｍ以上と非常に大きくなり、プラズマプロセス装置として構成できない結果が示されている。

【００６０】

冷却水流路を備えた金属電極２ａと誘電体３ａの底面部、側壁部との間の熱抵抗を変えることにより、誘電体３ａの側壁部の反りを抑え、誘電体３ａの底面部の反りを小さくす

ることにより、電極間の距離の変動が小さくなり、均一性の高いプラズマを発生させることが可能となる。

【００６１】

図５は、金属電極長さと変位量との関係を説明する図である。

図５を参照して、ここでは、金属電極の長手方向の長さ（Ｘ方向）を変化させた場合における上記の熱解析シミュレーションを実行した場合の誘電体３ａのＺ方向の変位量が示されている。

【００６２】

本図において、比較例１の場合においては、金属電極の長さの２乗に比例して誘電体のＺ方向の変位量が増える結果となった。すなわち、金属電極の長さが長くなるほど、誘電体３ａの底面部と金属電極２ａとの間に流れる熱流束が、誘電体３ａの側壁部と金属電極２ａとの間に流れる熱流束に比べて高くなるように、上記の隙間量や熱抵抗を適切に保たないと誘電体の変位量が大きくなり、プロセスの均一性を保てなくなることがわかる。特に、１０００ｍｍ（１ｍ）以上の長尺の金属電極の場合においては、Ｚ方向の変位量が大きくなり、電極間距離を考慮した変位許容範囲を越えてしまい、Ｚ方向の変位量の影響が顕著になる。

【００６３】

一方、本実施例の場合には、１０００ｍｍ（１ｍ）以上の長尺の電極の場合においても変位許容範囲内に収まっており、均一なプラズマ処理を行うことが可能である。

【００６４】

したがって、本実施の形態のような構成にすると特に１ｍ以上の長尺の電極の場合の誘電体の反り量を大幅に低減でき、大面積の基板を処理するプラズマプロセス装置を提供することができることを熱解析シミュレーションにより確認できた。なお、上記熱解析シミュレーションにおいては、金属電極２ａと誘電体３ａの側壁部との間の隙間部分を空間であるものとして熱伝導率を空気の熱伝導率として計算したが、熱伝導率の小さい断熱材や遮熱物、例えば板材やガラス系や樹脂系の物質を挿入した場合あるいは側壁部を熱伝導率の小さい材料で表面処理した場合の当該熱伝導率を用いて計算した場合であっても同様の効果を期待することができる。また、金属電極に断熱部、遮熱部を設けた構造であっても良い。ここで、金属電極２ａと誘電体３ａの側壁部との間に挿入される断熱材や遮熱物、表面処理される材料、または金属電極に設けられる断熱部に使用される材料としては、誘電体３ａよりも熱伝導率が小さいことが好ましい。

【００６５】

また、金属電極２ａと誘電体３ａの側壁部との間の隙間部分に関しては、全体として誘電体３ａの側壁部分と金属電極２ａとの間に流れる熱流束よりも、誘電体３ａの底面側と金属電極２ａとの間に流れる熱流束が高くなるように、また冷却手段（実施例においては、冷却水流路を備えた金属電極）と誘電体３ａの側壁部との間の熱抵抗が、冷却手段と誘電体３ａの底面部との間の熱抵抗よりも大きくなるように、全体として金属電極２ａと誘電体３ａの底面部との間の底面部隙間量の方が金属電極２ａと誘電体３ａの側壁部との間の隙間部分よりも狭くなっていればよく、厳密な意味において接触状態、非接触状態が求められる必要はない。例えば、金属電極２ａと誘電体３ａの側壁部とが一部接触していても全体としては非接触状態と解せられる。一方で、金属電極２ａと誘電体３ａの底面部との間に薄い接着剤が介在している場合においても接触状態と解せられる。言い換えるならば、接触状態および非接触状態は、全体として金属電極２ａと誘電体３ａの底面部あるいは金属電極２ａと誘電体３ａの側壁部の間隔に関して狭い、広いの相対的な関係を意味するものとする。

【００６６】

なお、冷却水流路に関しては、上記の構成に限定される必要は無く、熱源である誘電体３ａにおけるプラズマ放電面である底面部に近い位置に設けられることが望ましい。また、金属電極２ａに１つの冷却水流路が設けられる構成について説明したが、１つに限られずさらに複数の冷却水流路を設けることも可能である。また、断面形状に関しても円形に

限られず、表面積を大きくするために矩形形状とすることも可能である。また、金属電極２ａ内部に冷却水流路を設けて金属電極２ａ内部から冷却する構造について説明したが、特に冷却水流路が金属電極に設けられている構造に限られず、例えば金属電極２ａと冷却水流路の管とを接触させて、金属電極の外部から冷却する構造とすることも可能である。なお、上記では、冷却は水により行なわれているが、それに限られず気体等を用いた冷却手段を用いても良い。また、誘電体部材３ａ，３ｂに冷却手段が設けられていてもよい。

【００６７】

また、本発明は、１ｍ以下の電極の場合であっても電極間ギャップが狭い場合や、圧力が低圧の場合においても電極間ギャップが狭い場合には、誘電体の反り量の低減によって上記と同様の効果を得ることができる。また、実施例では、顕著な効果のある電極間ギャップの狭い場合について記載したが、本発明はギャップの広い場合においても、プラズマ処理の均一化に効果があることは明らかであり、さらに、誘電体の反り量が大きい場合に生じる誘電体の破壊を回避するためにも有効である。

【００６８】

また、本実施例では、電極部１ａ，１ｂが同様の構造をとる場合について説明したが、その構造に限られず、少なくとも１つの電極部が本発明の構造をとる場合でも良いことは言うまでもない。また、本実施例では、電極部１ａ，１ｂは上下に対向配置されている場合について説明したが、その配置に限らず、例えば左右に対向配置されている場合等でも良いことは言うまでもない。

【００６９】

なお、本実施の形態では、一例としてアッシング装置に適用した場合について説明したが、これに限られず、例えば、エッチング装置、表面処理装置、成膜装置などの各種プラズマプロセス装置にも適用可能である。

【００７０】

（実施の形態２）

本発明の実施の形態２においては、底面部隙間量ｄ１を小さくする別の方式について説明する。

【００７１】

図６は、本発明の実施形態２に従う電極部１ａの一部の構成について説明する図である。

【００７２】

ここでは、主要部のＹＺ平面の断面図が示されている。金属電極２ａとＵ字型誘電体３ａとの内部底面とができるだけ接するように領域１１にシート状の弾性体１４を挿入する。そして、Ｔ字型誘電体４ａをＵ字型誘電体３ａに固定するためにボルト挿通孔を設けてボルト３３をねじり込むことによりＺ方向にボルトで締結している。

【００７３】

実施の形態１においては、領域１１において、シムを挿入することにより底面部隙間量ｄ１を調整する方式について説明したが、上記の構成とすることにすることにより、弾性体１４の弾性を利用するとともにＺ方向にボルト３３で締結することによりさらに隙間量を微調整して小さくすることができる。なお、ボルト３３と弾性体１４とで金属電極２ａをＵ字型誘電体３ａの基部に押圧する押圧機構を構成する。

【００７４】

従って、誘電体３ａと金属電極２ａとの熱抵抗を実施の形態１よりも低くすることができるため誘電体３ａのプラズマ照射面の温度を低くでき、誘電体３ａの全体の温度差を小さくできるので誘電体３ａの反り量をより小さくすることができた。そしてこの構成の電極をプラズマプロセス装置に適用することにより、上記の熱解析シミュレーションを行なった場合に電極の長さ方向すなわちＸ軸方向にわたって電極間ギャップの差を１ｍｍ以下とすることができ、電極間のギャップが４ｍｍ程度であっても均一性が１５％以下となり均一な処理を実行することができる。なお、シムのような充填材や介在物を挿入している場合においても、金属電極２ａをＵ字型誘電体３ａの基部に押圧する押圧機構を使用して

も良い。

【００７５】

（実施の形態２の変形例）

本発明の実施の形態２の変形例においては、底面部隙間量ｄ１を小さくするさらに別の方式について説明する。

【００７６】

図７は、実施形態２の変形例に従う電極部１ａの一部の構成について説明する図である。

【００７７】

ここでは、主要部のＹＺ平面の断面図が示されている。金属電極２ａとＵ字型誘電体３ａとの内部底面とができるだけ接するように領域１１に球状の弾性体１４＃を挿入する。そして、図６の構成と比較して、さらに、Ｔ字型誘電体４ａの鉛直方向に長手方向に複数箇所挿通穴を設け、各挿通穴に誘電体のボルト３４を挿入し、球状の弾性体１４＃を押さえつけることにより、弾性体１４＃の弾性を利用して金属電極２ａとＵ字型誘電体３ａとの内部底面とが接するようにすることができる。上記のようにすることにより、実施形態１で弾性を持たない材料のシムを入れた場合よりも底面部隙間量をより小さくできる。なお、ボルト３４と弾性体１４＃とで金属電極２ａをＵ字型誘電体３ａの基部に押圧する押圧機構を構成する。

【００７８】

従って、誘電体の表面温度を低くでき、誘電体の全体の温度差を小さくできるので誘電体の反り量をより小さくすることができる。そしてこの構成の電極をプラズマプロセス装置に適用することにより、電極の長さ方向に電極間ギャップの差を１ｍｍ以下とすることが可能であり、電極間のギャップが４ｍｍ程度であっても均一性が１５％以下と均一な処理をすることができる。

【００７９】

（実施の形態３）

上記の構成においては、Ｔ字型誘電体と、Ｕ字型誘電体とを組み合わせて金属電極２ａを覆う構造について説明した。しかしながら、特にＵ字型誘電体あるいはＴ字型誘電体に限られず、種々の形状の誘電体や複数の誘電体を組み合わせて用いることも可能である。

【００８０】

図８は、本発明の実施形態３に従う電極部１ａの一部の構成について説明する図である。ここでは、主要部のＹＺ平面の断面図が示されている。

【００８１】

図８を参照して、具体的には、金属電極２ａと、金属電極２ａを覆うように略平板の誘電体３＃と、略逆Ｌ字型に形成された誘電体３＃ａ，３＃ｂとを組み合わせた場合が示されている。ボルト挿通孔を設けてボルト３５をねじり込むことにより誘電体３＃ａ，３＃ｂとを締結し、ボルト挿通孔を設けてボルト３６をねじり込むことにより略平板の誘電体３＃と誘電体３＃ａ，３＃ｂをそれぞれ締結した場合が示されている。

【００８２】

また、領域１１において、シムを挿入して、本例においては、ボルト３６をねじり込むことにより底面部隙間量ｄ１を調整可能な構造も示されている。

【００８３】

なお、上記構成と同様本実施の形態３の構成においても、誘電体間の締結部の隙間を小さくして熱伝導を良い状態にすることが可能である。

【００８４】

そしてこの構成の電極をプラズマプロセス装置に適用することにより、上記と同様に、誘電体の変位量を小さくすることが可能である。

【００８５】

（実施の形態４）

上記の実施の形態１～３においては、誘電体の変位量を小さくする方式について説明し

たが、本実施の形態４においては、電極部間のギャップを補正する方式について説明する。

【００８６】

長尺の誘電体３ａ，３ｂは、長さが２６５０ｍｍと長さが長くなると、側壁部の温度差をできるだけ小さくしても、誘電体が長尺方向に反りが生じる。具体的には、プラズマ照射面側において、Ｘ軸方向の電極部の中央部で数１００μｍ程度凸に変形する場合が生じる。このような場合、電極部間のギャップが小さいほどこの変形による影響が大きくなり、均一なプラズマ処理が困難になる。

【００８７】

図９は、本発明の実施の形態４に従う誘電体３ｐを説明する図である。

図９を参照して、誘電体３ｐは、あらかじめプラズマ照射時の変形量を考慮してプラズマ照射面の長尺方向の中央部が端部に比べて数１００μｍ程度凹みがあるように加工成型されている。この誘電体３ｐを用いてプラズマ装置を構成し、プラズマ照射時に熱膨張差によって変形した時にプラズマ照射面側が平坦になるようにする。このようにすることにより、上記の熱解析シミュレーションを行なった場合に、プラズマ照射時に電極部間のギャップを例えば４ｍｍと調整した時、ギャップ長が長尺方向に渡ってほぼ一定となり、２１００ｍｍ×２４００ｍｍの基板１２０の面内で均一性１０％以下と均一性の高いプラズマ処理を行なうことができた。

【００８８】

今回開示された実施の形態１～４はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の範囲は上記した実施の形態ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等な意味および範囲内でのすべての変更点が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【００８９】

【図１】本発明の実施の形態１に従うプラズマプロセス装置の断面を説明する図である。

【図２】本発明の実施の形態１に従う電極部１ａ，１ｂを詳細に説明する図である。

【図３】電極部１ａのうち金属電極部２ａと略Ｕ字型の誘電体３ａとの関係を説明する図である。

【図４】電極部１ａのうち金属電極２ａと略Ｕ字型の誘電体３ａにおける温度測定点を説明する図である。

【図５】金属電極長さと変位量との関係を説明する図である。

【図６】本発明の実施形態２に従う電極部１ａの一部の構成について説明する図である。

【図７】実施形態２の変形例に従う電極部１ａの一部の構成について説明する図である。

【図８】本発明の実施形態３に従う電極部１ａの一部の構成について説明する図である。

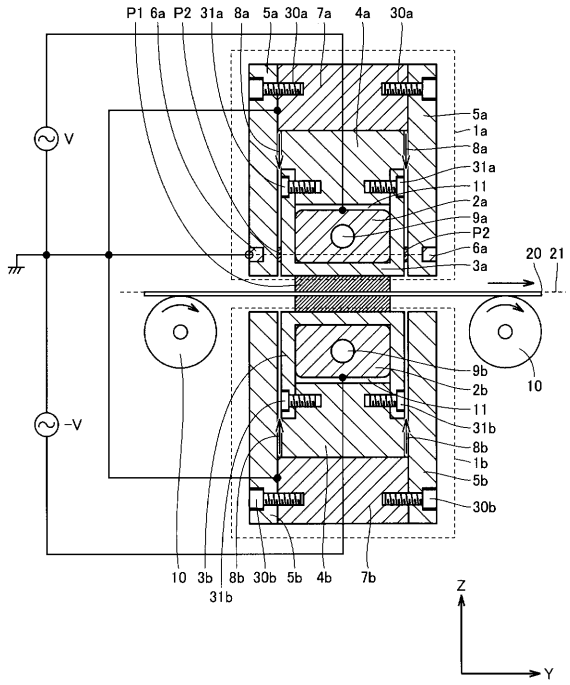
【図９】本発明の実施の形態４に従う誘電体３ｐを説明する図である。

【符号の説明】

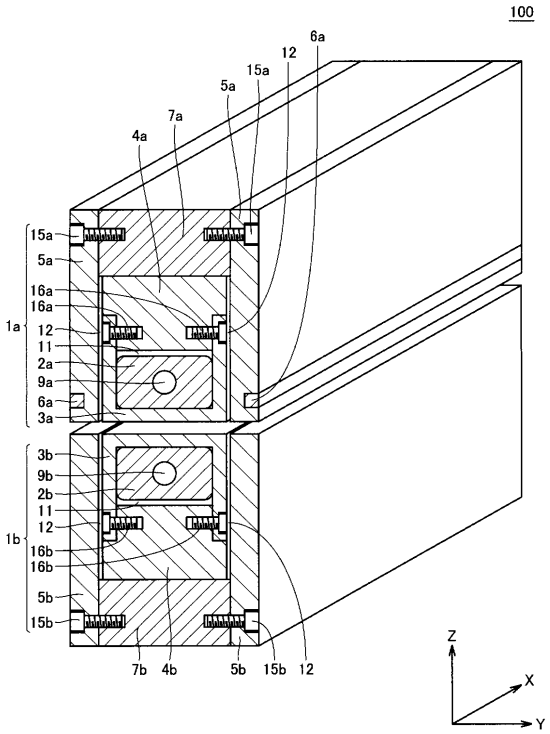
【００９０】

１ａ，１ｂ　電極部、２ａ，２ｂ，６ａ，６ｂ，７ａ，７ｂ　金属電極、３ａ，３ｂ，３＃，３＃ａ，３＃ｂ，３ｐ，４ａ，４ｂ，５ａ，５ｂ　誘電体、９ａ，９ｂ　冷却水流路、１４，１４＃　弾性体、３０ａ，３０ｂ，３１ａ，３１ｂ，３３，３４，３５，３６　ボルト。

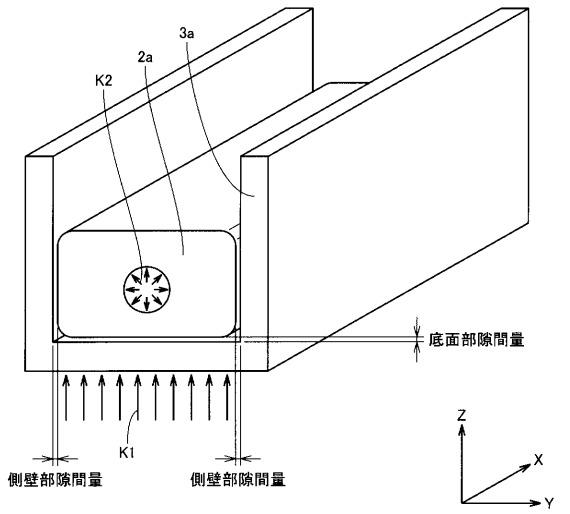
【図１】


P1 6a P2 31a 8a 5a 30a 7a 4a 30a
V
-V
5a
1a
8a
31a
11
2a
9a
P2
6a
3a
20 21
9b
2b
11
31b
8b
1b
5b
30b
10
10 3b 8b 30b 5b 4b 7b
31b
Z
Y

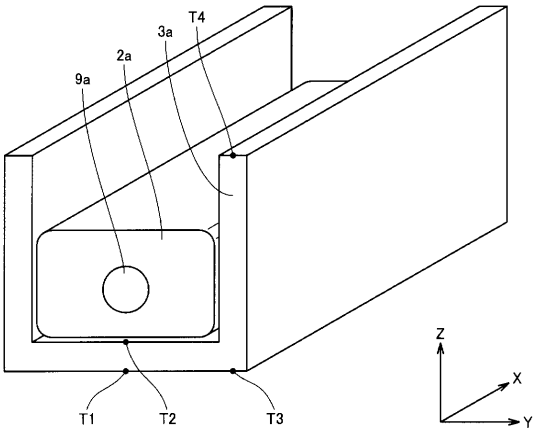
【図２】


100
6a
12
15a
5a
7a
4a
15a
5a
16a
16a
1a
12
11
2a
9a
6a
3a
3b
9b
2b
11
12
1b
16b
16b
5b
15b
7b 4b 5b 15b 12
Z
X
Y

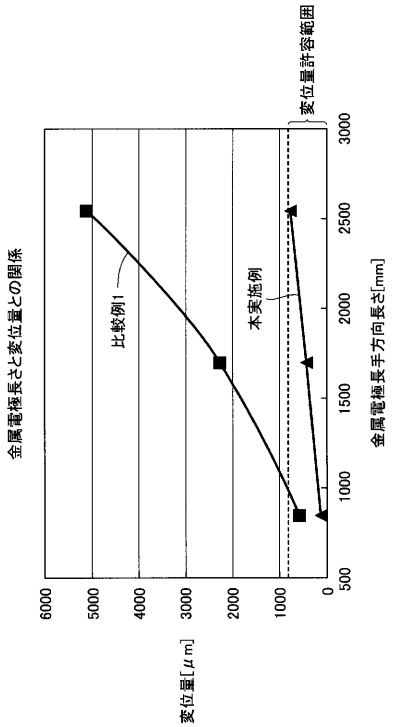
【図３】


3a
2a
K2
底面部隙間量
K1
側壁部隙間量
側壁部隙間量
Z
X
Y

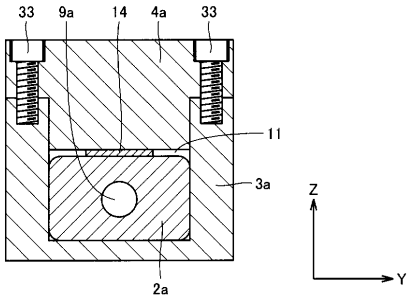
【図４】


T4
3a
2a
9a
T1
T2
T3
Z
X
Y

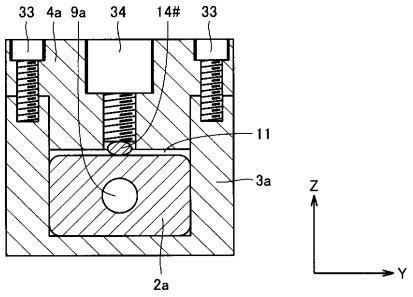
【図５】


金属電極長さと変位量との関係
比較例1
本実施例
変位量許容範囲
変位量[μm]
金属電極長手方向長さ[mm]
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
500
1000
1500
2000
2500
3000

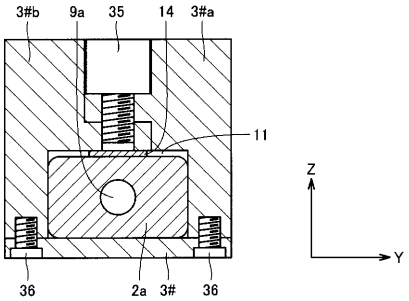
【図６】


33
9a
14
4a
33
11
3a
2a
Z
Y

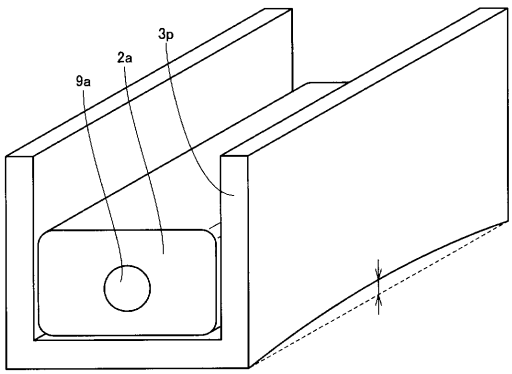
【図７】


33
4a
9a
34
14#
33
11
3a
2a
Z
Y

【図８】


3#b
9a
35
14
3#a
11
Z
Y
36
2a
3#
36

【図９】


3p
2a
9a

フロントページの続き

(72)発明者　山本　直子
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内
(72)発明者　村上　浩二
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内
(72)発明者　北村　修一
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内

審査官　板谷　一弘

(56)参考文献　特開２００７－０８０６８８（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２１３４９７（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３５３０００（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－３０２６８０（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２８８４５２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／３０２