

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3631903号
(P3631903)

(45) 発行日 平成17年3月23日(2005.3.23)

(24) 登録日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int.C1.⁷

F 1

H01L 21/205
C23C 16/50
H01L 31/04H01L 21/205
C23C 16/50
H01L 31/04

V

請求項の数 1 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-149230
 (22) 出願日 平成10年5月29日(1998.5.29)
 (65) 公開番号 特開平11-340150
 (43) 公開日 平成11年12月10日(1999.12.10)
 審査請求日 平成13年5月25日(2001.5.25)

前置審査

(73) 特許権者 000006208
 三菱重工業株式会社
 東京都港区港南二丁目16番5号
 (74) 代理人 100058479
 弁理士 鈴江 武彦
 (74) 代理人 100091351
 弁理士 河野 哲
 (74) 代理人 100084618
 弁理士 村松 貞男
 (74) 代理人 100092196
 弁理士 橋本 良郎
 (74) 代理人 100100952
 弁理士 風間 鉄也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ化学蒸着装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入する手段と、前記反応ガスを前記反応容器内から排出する手段と、前記反応容器内に配置され、被処理物を支持するヒータ内蔵アノード電極と、このアノード電極に対向して設置されたカソード電極と、このカソード電極に周波数30MHzないし200MHzのグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、この電源から供給された電力によりグロー放電を発生し、前記被処理物表面上に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは多結晶薄膜を形成するプラズマ化学蒸着装置において、前記カソード電極へのグロー放電発生用電力を給電線を用いて供給する給電点を、前記カソード電極を4等分あるいは6等分に区切った領域の中央点、または6等分以上に区切った領域の中央点とし、

夫々の前記給電点に前記グロー放電発生用電力を均等に分配する電力分配器を有し、更に前記カソード電極と前記電力分配器間にこれに電気的に接続するインピーダンス変換器を配置したことを特徴とするプラズマ化学蒸着装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプラズマ化学蒸着装置に関し、アモルファスシリコン太陽電池、薄膜半導体、光センサ、半導体保護膜等の各種電子デバイスに使用される薄膜の製造に適用されるプラズマ化学蒸着装置(以下、プラズマCVD装置と呼ぶ)に関する。

【0002】

【従来の技術】

アモルファスシリコン（以下、a-Siと記す）薄膜や窒化シリコン（以下、SiNxと記す）薄膜を製造するために、従来より用いられているプラズマCVD装置の構成について、2つの代表的例について説明する。即ち、放電発生に用いる電極として、はしご状の平面形コイル電極、即ちラダーインダクタンス電極を用いる方法、及び平行平板電極を用いる方法について説明する。

【0003】

まず、はしご型電極を用いる方法については、特開平4-236781号にはしご状平面形コイル電極として各種形状の電極を用いたプラズマCVD装置が開示されている。本方法の代表例について図13を用いて説明する。図中の付番1は反応容器であり、この反応容器1内に放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3とが平行に配置されている。前記放電用はしご型電極2には、高周波電源4からインピーダンス整合器5を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給される。前記放電用はしご型電極2は、図14に示すように一端がインピーダンス整合器5を介して高周波電源4に接続されており、他端はアース線7に接続され、反応容器1とともに接地されている。

【0004】

放電用はしご型電極2に供給された高周波電力は、反応容器1とともに接地された基板加熱用ヒータ3と放電用はしご型電極2との間にグロー放電プラズマを発生させ、放電空間経由で反応容器1の壁へ、また放電用はしご型電極2のアース線7を介してアースへ流れれる。なお、このアース線7には同軸ケーブルが用いられている。

【0005】

前記反応容器1内には、図示しないポンベから反応ガス導入管8を通して、例えばモノシリコンと水素との混合ガスが供給される。供給された反応ガスは、放電用はしご型電極2により発生したグロー放電プラズマにより分解され、基板加熱用ヒータ3上に保持され、所定の温度に加熱された基板9上に堆積する。また、反応容器1内のガスは、排気管10を通して真空ポンプ11により排気される。

【0006】

以下、上記装置を用いて薄膜を製造する場合について説明する。まず、真空ポンプ11を駆動して反応容器1内を排気した後、反応ガス導入管8を通して、例えば、モノシリコンと水素との混合ガスを供給し、反応容器1内の圧力を0.05~0.5Torrに保つ。

【0007】

この状態で、高周波電源4から放電用はしご型電極2に高周波電力を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。反応ガスは、放電用はしご型電極2と基板加熱用ヒータ3間に生じるグロー放電プラズマによって分解され、この結果SiH₃、SiH₂などのSiを含むラジカルが発生し、基板9表面に付着してa-Si薄膜が形成される。

【0008】

次に、平行平板電極を用いる方法について図15を参照して説明する。図中の付番21は反応容器であり、この反応容器21内に高周波電極即ちカソード電極22と基板加熱用ヒータ23とが平行に配置されている。前記高周波電極22には、高周波電源24からインピーダンス整合器25を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給される。基板加熱用ヒータ23は、反応容器21とともに接地され、接地電極即ちアノード電極となっている。従って、高周波電極22と基板加熱用ヒータ23との間でグロー放電プラズマが発生する。

【0009】

前記反応容器21内には図示しないポンベから反応ガス導入管26を通して例えばモノシリコンと水素との混合ガスが供給される。反応容器21内のガスは、排気管27を通して真空ポンプ28により排気される。基板29は、基板加熱用ヒータ23上に保持され、所定の温度に加熱される。

【0010】

10

20

20

30

40

50

こうした装置を用いて、以下のようにして薄膜を製造する。まず、真空ポンプ 28 を駆動して反応容器 21 内を排気する。次に、反応ガス導入管 26 を通して例えはモノシランと水素との混合ガスを供給して反応容器 21 内の圧力を 0.05 ~ 0.5 Torr に保ち、高周波電源 24 から高周波電極 22 に電圧を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。

【0011】

反応ガス導入管 26 から供給されたガスのうち、モノシランガスは高周波電極 22 ~ 基板加熱用ヒータ 23 間に生じるグロー放電プラズマによって分解される。この結果、 SiH_3 、 SiH_2 等の Si を含むラジカルが発生し、基板 29 表面に付着して、a-Si 薄膜が形成される。

10

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術、即ちはしご型電極を用いる方法及び平行平板電極を用いる方法は、いずれも次のような問題を有している。

(1) 図 13 において、放電用はしご型電極 2 近傍に発生した電界により反応ガス、例えは SiH_4 は Si 、 SiH 、 SiH_2 、 SiH_3 、 H 、 H_2 等に分解され、基板 9 の表面に a-Si 膜を形成する。しかしながら、a-Si 膜形成の高速化を図るため、高周波電源の周波数を現状の 13.56 MHz より、30 MHz ないし 150 MHz へ高くすると、放電用はしご型電極 2 近傍の電界分布が一様性がくずれ、その結果として、a-Si 膜の膜厚分布が極端に悪くなる。図 16 は、基板面積 30 cm × 30 cm でのプラズマ電源周波数と膜厚分布の関係を示す。膜厚分布の一様性 (±10% 以内) を確保できる基板の大きさ即ち面積は 5 cm × 5 cm ないし 20 cm × 20 cm 程度である。

20

【0013】

放電用はしご型電極を用いる方法による高周波電源 4 の高周波数化が困難な理由は次の通りである。図 17 に示すように、放電用はしご型電極の構造に起因したインピーダンスの不均一性が存在するために、プラズマ発光の強い部分が局部的になる。例えば、上記電極の周辺部に強いプラズマが発生し、中央部には発生しない。特に 60 MHz 以上の高周波数化に伴なってその減少は顕著になる。

【0014】

従って、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は非常に困難で、不可能視されている。なお、a-Si の成膜速度はプラズマ電源周波数の 2 乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例はまだない。

30

【0015】

(2) 図 15 において、高周波電極 22 と基板加熱用ヒータ 23 との間に発生する電界により、反応ガス、例えは SiH_4 は Si 、 SiH 、 SiH_2 、 SiH_3 、 H 、 H_2 等に分解され、基板 29 の表面に a-Si 膜を形成する。しかしながら、a-Si 膜形成の高速化を図るため、高周波電源 24 の周波数を現状の 13.56 MHz より、30 MHz ないし 200 MHz へ高くすると、高周波電極 22 と基板加熱用ヒータ 23 間に発生する電界分布の一様性がくずれ、その結果として、a-Si 膜の膜厚分布が極端に悪くなる。図 16 は、基板面積 30 cm × 30 cm でのプラズマ電源周波数と膜厚分布 (平均膜厚からのずれ) の関係を示す特性図である。膜厚分布の一様性 (±10% 以内) が確保できる基板の大きさ即ち面積は、5 cm × 5 cm ないし 20 cm × 20 cm 程度である。

40

【0016】

平行平板電極を用いる方法による高周波電源 24 の高周波数化が困難な理由は、次の通りである。平行平板型電極は、電極周辺部と中央部の電気特性が異なるため、図 18 (A) に示すように電極周辺部に強いプラズマが発生するか、あるいは図 18 (B) に示すように中央部分のみに強いプラズマが発生するという現象がある。

【0017】

したがって、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波

50

数化による成膜速度の向上は、非常に困難で、不可能視されている。なお、a - S iの成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例はまだ無い。

【0018】

本発明はこうした事情を考慮してなされたもので、平行平板電極へ高周波電力を供給する複数の同軸ケーブルを介して給電電力に分配する電力分配器を用いることにより、従来と比べ格段に良好な膜厚分布が得られるプラズマ化学蒸着装置を提供することを目的とする。

【0019】

また、本発明は、平行平板電極に周波数30MHz乃至200MHzのグロー放電発生用電力を供給する複数の供給点と前記電力分配器間に、これらに夫々電気的に接続するインピーダンス変換器を配置した構成とすることにより、さらに優れた膜厚分布が得られるプラズマ化学蒸着装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

本発明は、反応容器と、この反応容器に反応ガスを導入する手段と、前記反応ガスを前記反応容器内から排出する手段と、前記反応容器内に配置され、被処理物を支持するヒータ内蔵アノード電極と、このアノード電極に対向して設置されたカソード電極と、このカソード電極に周波数30MHzないし200MHzのグロー放電発生用電力を供給する電源とを有し、この電源から供給された電力によりグロー放電を発生し、前記被処理物表面上に非晶質薄膜あるいは微結晶薄膜あるいは多結晶薄膜を形成するプラズマ化学蒸着装置において、

前記カソード電極へのグロー放電発生用電力を給電線を用いて供給する給電点を、前記カソード電極を4等分あるいは6等分に区切った領域の中央点、または6等分以上に区切った領域の中央点とし、

夫々の前記給電点に前記グロー放電発生用電力を均等に分配する電力分配器を有し、更に前記カソード電極と前記電力分配器間にこれに電気的に接続するインピーダンス変換器を配置したことを特徴とするプラズマ化学蒸着装置である。

【0021】

本発明において、前記電極と電力分配器間にこれらに夫々電気的に接続するインピーダンス変換器を配置することが、さらに優れた膜厚分布を得る上で好ましい。即ち、前記電極と電力分配器間にこれらに夫々電気的に接続するインピーダンス変換器、例えば図10に示すようなフェライト性環状体に絶縁被覆導線を2本巻き付けて製作されたものを配置したことを特徴とする。

【0022】

なお、本発明において、前記電力分配器としては、一般に用いられている高周波数用電力分配器があるが、30MHz乃至200MHzの高周波数用トランスと抵抗とコンデンサを有するものが挙げられる。

【0023】

前記電力分配器は、前記カソード電極へのグロー放電発生用電力を給電線を用いて供給する給電点を前記電極を4等分あるいは6等分に区切った領域の中央点、あるいは6等分以上に分割された領域の中央点とし、夫々の給電点に前記電力を均等に分配する機能を有する。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施例に係るプラズマCVD装置について図1及び図2を参照して説明する。ここで、図1は同装置の全体図、図2は同装置の一構成を示す放電用電極に高周波数電力を供給するための電気配線を示す説明図である。

【0025】

図中の付番21は反応容器である。この反応容器21内には、グロー放電プラズマを発生

10

20

30

40

50

させるための平行平板型のSUS304 製の高周波電極すなわちカソード電極22と、被処理物としての基板29を支持するとともに該基板29の温度を制御する基板加熱用ヒータ23が配置されている。前記反応容器21内には、反応ガスを前記カソード電極22と基板29の間に導入する反応ガス吐出孔37aを有した反応ガス導入管37が配置されている。

【0026】

前記反応容器21内には、反応容器21内の反応ガス等のガスを排気する排気管27を介して真空ポンプ28が接続されている。前記反応容器21内には、アースシールド40が配置されている。このアースシールド40は、不必要的部分での放電を抑制する。なお、反応容器21内の圧力は、図示しない圧力計によりモニタされ、前記真空ポンプ28の排気量を調整することにより制御される。

【0027】

前記カソード電極22とアノード電極23でSiH₄ プラズマを発生すると、そのプラズマ中に存在するSiH₃、SiH₂、SiHなどのラジカルが拡散現象により拡散し、基板29表面に吸着されることにより、a-Si膜あるいは微結晶Siあるいは薄膜多結晶Siが堆積する。なお、a-Si膜あるいは微結晶Siあるいは薄膜多結晶Siは、成膜条件の中の、SiH₄、H₂の原料比、圧力及びプラズマ発生用電力を適正化することで成膜できる公知の技術であるので、ここではSiH₄ガスを用いたa-Si成膜を例にとり説明する。当然ながら、微結晶Si及び薄膜多結晶Siを成膜することも可能である。

【0028】

前記カソード電極22には、後述の給電線、インピーダンス変換器61a、61b、61c、61d、61e、61f、61g、61h、電力分配器60、インピーダンス整合器25を介して、高周波電源24が接続されている。

【0029】

図2は、上記カソード電極22に高周波電力を供給するための電気配線を示す説明図である。図2において、例えば周波数60MHzの電力を高周波数電源24よりインピーダンス整合器25、同軸ケーブル59、電力分配器60、同軸ケーブル41a、41b、41c、41d、41e、41f、41g、41h、インピーダンス変換器61a、61b、61c、61d、61e、61f、61g、61h、電流導入端子42a、42b、42c、42d及び真空用同軸ケーブル43a、43b、43c、43d、43e、43f、43g、43hを介して、上記カソード電極22に溶着された8個の電力供給端子44～51へ供給する。なお、上記カソード電極22は、外寸法600mm×600mm、板厚20mmのSUS材で制作されている。

【0030】

なお、上記電力供給端子の個数及び位置は、図3乃至図6に示すように、前記カソード電極22を1等分、2等分、4等分及び6等分した領域の中央部にしたり、また図7及び図8に示すように6等分した形で、中央に1点付加あるいは9等分した形で中央部1点を欠いたものなどとした。

【0031】

前記電力分配器60は、図9に示すように、電力2分配器62及び2個の電力4分配器63、64により構成され、入力された高周波電力を均等に8分割する機能を持っている。

【0032】

前記インピーダンス変換器は、電力分配器60と真空用同軸ケーブル43a～43hとカソード電極22のインピーダンスの整合をとるために、図10に示すようなフェライト製環状体65に絶縁被覆導線を2本、トランス巻線比が2対3となるように巻きつけて製作されたインピーダンス変換器61a～61hを用いた。

【0033】

次に、上記構成のプラズマCVD装置を用いてa-Si膜を製作する方法について説明する。まず、真空ポンプ28を稼働させて、反応容器21内を排気し、到達真空度を2～3

10

20

30

40

$\times 10^{-7}$ Torrとする。つづいて、反応ガス導入管37より反応ガス、例えばSiH₄ガスを80~200SCCM程度の流量で供給する。この後、反応容器21内の圧力を0.05~0.1Torrに保ちながら、高周波電源24からインピーダンス整合器25、電力分配器60、インピーダンス変換器61a~61h及び真空用同軸ケーブル43a~43hを介して、カソード電極22に高周波数例えば60MHz電力を供給する。その結果、カソード電極22と基板加熱ヒータ23の間にSiH₄のグロー放電プラズマが発生する。このプラズマは、SiH₄ガスを分解し、基板29の表面にa-Si膜を形成する。但し、成膜速度は高周波電源24の周波数及び出力にも依存するが、0.5~3nm/s程度である。

【0034】

10

図11は、図3~図8に示したカソード電極22を用いて高周波電源24の周波数を60MHzとし、面積40cm×50cmのガラ基板（商品名：コーニング#7059、コーニング社製造）にa-Si膜を成膜した結果を示す。ここで、成膜条件は、SiH₄ガス流量600SCCM、圧力0.3Torr、高周波電力500Wであった。

【0035】

図11により、電力供給端子の個数が1個の場合、膜厚分布は±38%と悪いが、該個数が2個の場合、膜厚分布は±32%、該個数が4個の場合、膜厚分布±10%、該個数が6個の場合、膜厚分布は±8%、該個数が7個の場合、膜厚分布±7%及び該個数が8個の場合、膜厚分布は±7%と順次、給電点を増加させるに従って、膜厚分布が改善されていることが判る。

20

【0036】

図12は、前記実施例で用いたインピーダンス変換器61a乃至61hを取りはずし、電力分配器の出力端子から同軸ケーブル41a乃至41hと電流導入端子42a乃至42d及び真空用同軸ケーブル43a乃至43hを介して、上記カソード電極22の給電点44乃至50へ電力を供給した場合のデータである。図12は図11より若干悪い膜厚分布となっているが、給電点の個数が6個乃至8個の場合、膜厚分布±10%以下である。

【0037】

なお、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ及び感光ドラムなどの製造では、膜厚分布としては±10%以内であれば性能上問題はない。

上記実施例によれば、カソード電極22の給電点即ち端子を合計4個以上、望ましくは6個以上設置することにより、60MHzを用いても、従来の装置及び方法に比べ、著しく良好な膜厚分布を得ることが可能になった。特に、高周波電源24の周波数が60MHzの場合、基板サイズ40cm×50cmにて、膜厚分布±10%以内を実現できた。このことは、a-Si太陽電池、薄膜トランジスタ（TFT）駆動液晶ディスプレイ及びa-Si感光体等の製造分野での生産性向上及び低コスト化に係る工業的価値が著しく大きいことを意味している。

30

【0038】

一方、従来のプラズマ蒸着装置では、30MHz以上での高周波電源を用いると、膜厚分布が著しく悪く、30cm×30cmないし50cm×50cm程度以上の大面積基板では実用化されていなかった。

40

【0039】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、放電用高周波電極即ちカソード電極への高周波電力供給方法として、該電極の給電点を4点以上、望ましくは6点以上とし、かつ30MHz乃至200MHz級の高周波数電源、インピーダンス整合器、電力分配器、インピーダンス変換器、電流導入端子及び真空用同軸ケーブルを用いることにより、従来技術と比べ、著しく良好な膜厚分布が得られるとともに、基板面積が従来の数倍に増大することが可能なプラズマ化学蒸着装置を提供することを目的とする。

【0040】

上記の効果は、a-Si薄膜応用に限らず、30MHz乃至200MHz級の高周波数電

50

源を用いるプラズマCVD技術が、微結晶Si及び薄膜多結晶Siの製造方法としての用途があることから、太陽電池、薄膜トランジスタ及び感光ドラム等の産業上の価値は著しく大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るプラズマCVD装置の全体図。

【図2】図1の装置の一構成を示すカソード電極に高周波数電力を供給するための電気配線系統図。

【図3】本発明の実施例に係るカソード電極に配置される電力供給端子が該電極中央部に1個配置された場合の構造図。

【図4】本発明の実施例に係るカソード電極に配置される電力供給端子が該電極を2等分した領域の中央部分へ合計2個配置された場合の構造図。 10

【図5】本発明の実施例に係るカソード電極に配置される電力供給端子が該電極を4等分した領域の中央部分へ合計4個配置された場合の構造図。

【図6】本発明の実施例に係るカソード電極に配置される電力供給端子が該電極を6等分した領域の中央部分へ合計6個配置された場合の構造図。

【図7】本発明の実施例に係るカソード電極に配置される電力供給端子が該電極を6等分した領域の中央部分へ6個と該電極中央部へ1個、合計7個配置された場合の構造図。

【図8】本発明の実施例に係るカソード電極に配置される電力供給端子が該電極を9等分した領域の中央部分へ、中央を除いて合計8個配置された場合の構造図。

【図9】図1の装置の一構成要素である電力分配器の説明図。 20

【図10】図1の装置の一構成要素であるインピーダンス変換器の説明図。

【図11】周波数60MHz、電力500Wの条件下での図1の装置及び図3乃至図8のカソード電極を用いた場合の電力供給端子個数と膜厚分布を示す特性図。

【図12】周波数60MHz、電力500Wの条件下でのインピーダンス変換器を取り除いた図1の装置及び図3乃至図8のカソード電極を用いた場合の電力供給端子個数と膜厚分布を示す特性図。

【図13】はしご型電極を用いた従来のプラズマCVD装置の説明図。

【図14】図13の装置の一構成要素である放電用電極に高周波電力を供給する電気配線の説明図。

【図15】平行平板電極を用いた従来のプラズマCVD装置の説明図。 30

【図16】従来装置におけるプラズマ電源周波数と膜厚分布との関係を示す特性図。

【図17】図13の従来装置におけるインピーダンスの不均一性を説明するための図。

【図18】図14の従来装置における電極周辺部と中央部分の電気特性の相違を説明するための図。

【符号の説明】

2 1 … 反応容器、

2 2 … カソード電極、

2 3 … アノード電極、

2 4 … 高周波電源、

2 5 … インピーダンス整合器、 40

2 7 … 排気管、

2 8 … 真空ポンプ、

2 9 … 基板（被処理物）、

4 0 … アースシールド、

4 1 a ~ 4 1 h … 真空用同軸ケーブル、

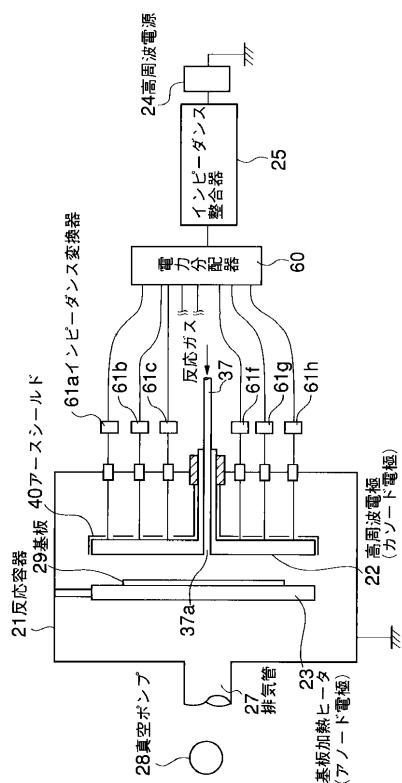
4 2 a ~ 4 2 h … 電力導入端子、

6 0 … 電力分配器、

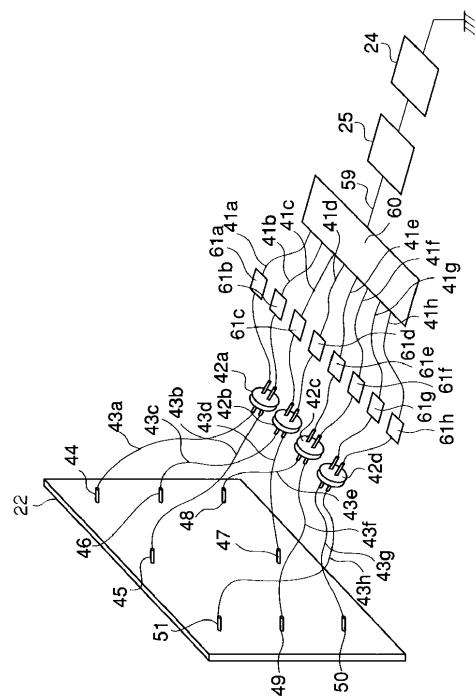
6 1 a ~ 6 1 h … インピーダンス変換器、

3 7 … 反応ガス導入管。

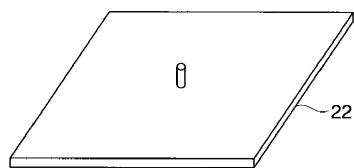
【図1】



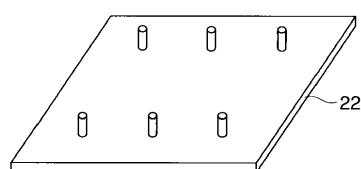
【図2】



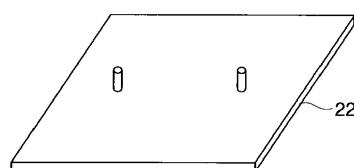
【図3】



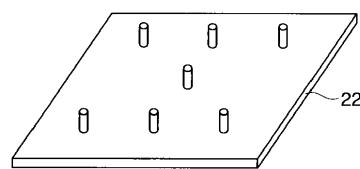
【図6】



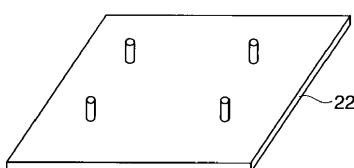
【図4】



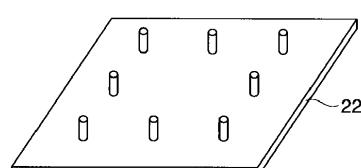
【図7】



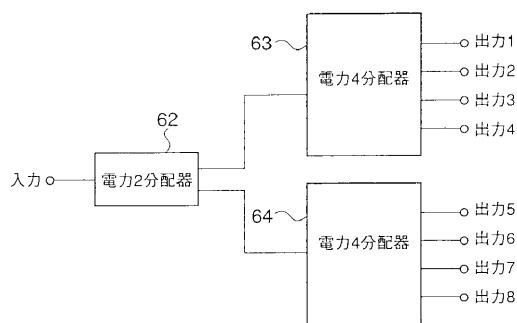
【図5】



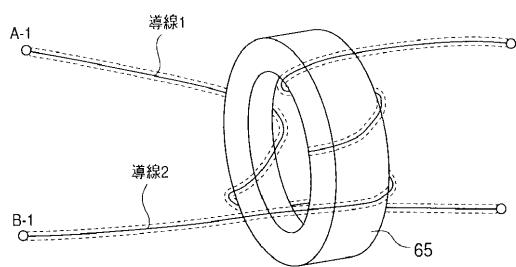
【図8】



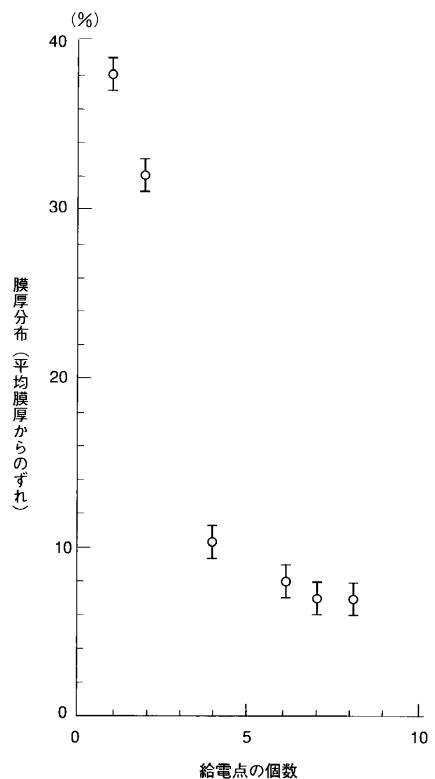
【図 9】



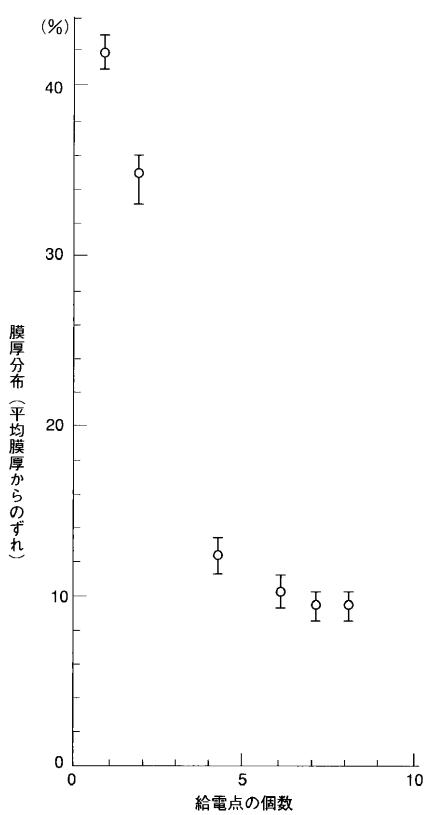
【図 10】



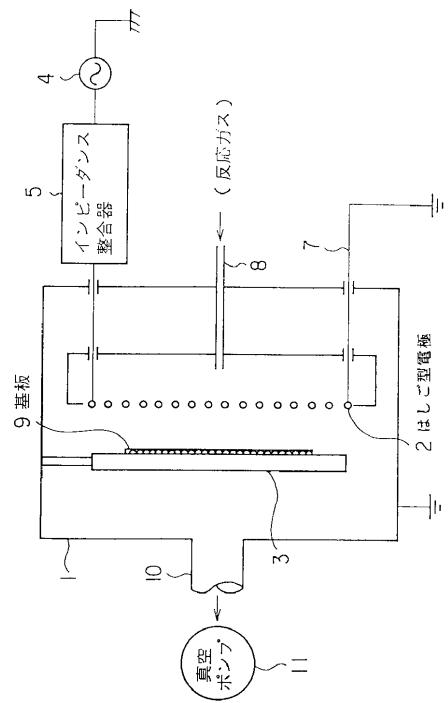
【図 11】



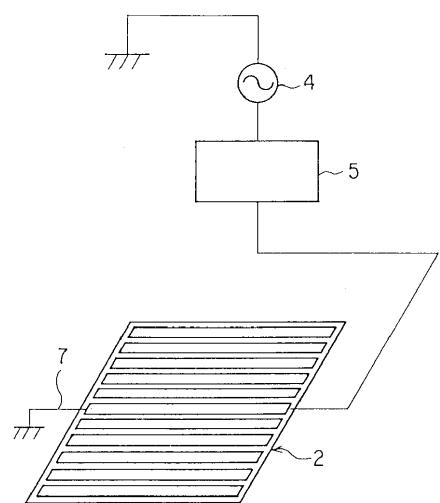
【図 12】



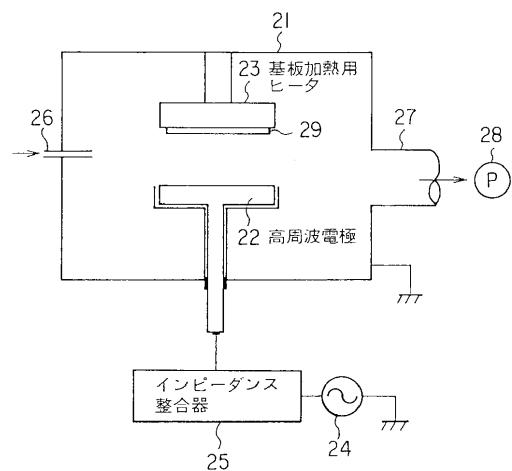
【図 13】



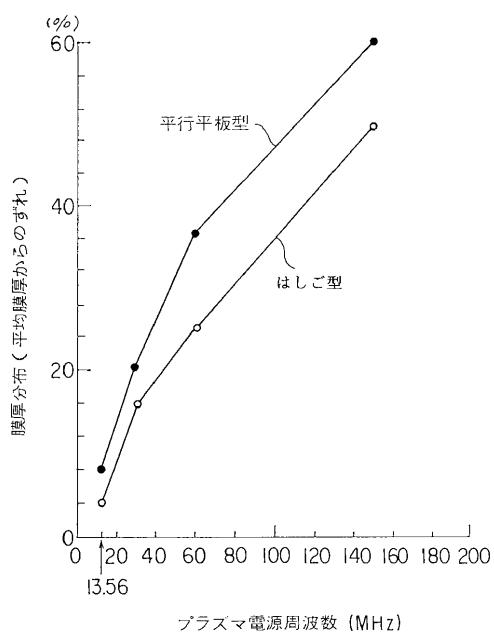
【図14】



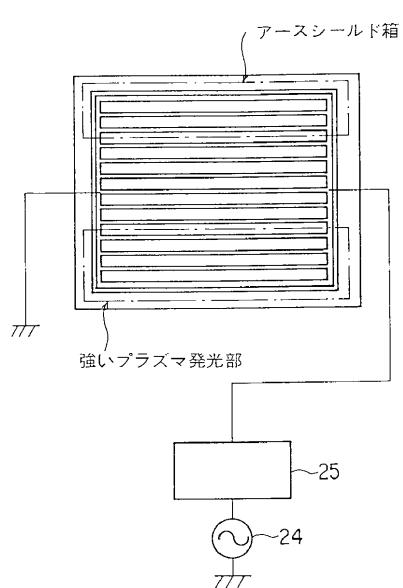
【図15】



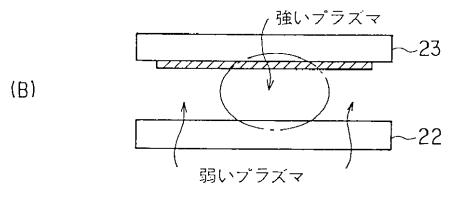
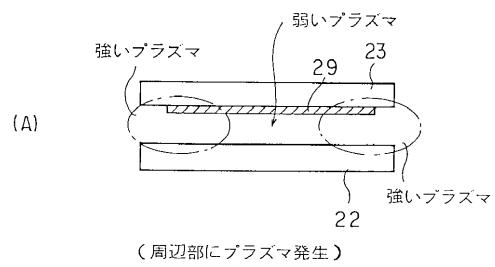
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 正義

長崎県長崎市深堀町五丁目 717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(72)発明者 竹内 良昭

長崎県長崎市深堀町五丁目 717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

審査官 加藤 浩一

(56)参考文献 特開平08-325759 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/205

H01L 31/04

C23C 16/50