

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4468194号
(P4468194)

(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

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 G

H O 1 L 21/683 (2006.01)

H O 1 L 21/68 R

H O 5 H 1/00 (2006.01)

H O 5 H 1/00 A

H O 5 H 1/46 (2006.01)

H O 5 H 1/46 A

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2005-22112 (P2005-22112)
 (22) 出願日 平成17年1月28日 (2005.1.28)
 (65) 公開番号 特開2006-210726 (P2006-210726A)
 (43) 公開日 平成18年8月10日 (2006.8.10)
 審査請求日 平成18年11月7日 (2006.11.7)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 110000062
 特許業務法人第一国際特許事務所
 (72) 発明者 石村 裕昭
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式
 会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業
 所内
 (72) 発明者 吉岡 健
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式
 会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業
 所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法およびプラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空室内にプラズマを発生させる第1の高周波源と、試料を静電吸着させる静電吸着電極を包含する誘電体膜を上部に備えた試料台と、前記試料台上の試料に高周波バイアス電力を印加する第2の高周波源と、静電吸着電圧を前記誘電体膜内の電極に印加する直流電源とを有するプラズマ処理装置のプラズマ処理方法において、
 前記真空処理室内のプラズマに曝される内壁表面を絶縁性部材で取り囲み、
 前記プラズマのプラズマ電位の上昇を抑制するために、前記静電吸着電圧を前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧 (peak to peak) をモニタし、その4分の1から2分の1の電位分負側に移行させることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】

請求項1記載のプラズマ処理方法において、
 前記静電吸着電圧の移行を、前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧のモニタによる結果、またはあらかじめわかっているピークトゥーピーク電圧の予想値に応じた、移行電圧のレシピ設定により行うことを特徴するプラズマ処理方法。

【請求項 3】

請求項1又は請求項2記載のプラズマ処理方法において、
 試料台に配置した静電吸着電極は、モノポール方式またはダイポール方式のいずれかであることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 4】

10

20

請求項 3 記載のプラズマ処理方法において、
試料台に配置した静電吸着電極は、静電吸着電極がダイポール方式であるときに、静電吸着電圧を双極ともにマイナス側に 50 ~ 500 V ずらすことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 5】

請求項 1 記載のプラズマ処理方法において、
プラズマ処理装置内のプラズマを取り囲む面を絶縁性部材と一部導電性部材で取り囲んだことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 6】

真空処理室内にプラズマを発生させる第 1 の高周波源と、試料を静電吸着させる静電吸着電極を包含する誘電体膜を上部に備えた試料台と、前記試料台上の試料に高周波バイアス電力を印加する第 2 の高周波源と、静電吸着電圧を前記誘電体膜内の電極に印加する直流電源とを有するプラズマ処理装置において、
前記真空処理室内のプラズマに曝される内壁表面を絶縁性部材で取り囲んで構成し、前記プラズマのプラズマ電位の上昇を抑制するために、前記静電吸着電圧を負側に变化させる制御手段を備え、
前記制御手段が、静電吸着電圧を前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧をモニタし、その 4 分の 1 から 2 分の 1 の電位分負側に移行するように制御する手段であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載のプラズマ処理装置において、
前記制御手段が、前記静電吸着電圧の移行を、前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧のモニタによる結果、またはあらかじめわかっているピークトゥーピーク電圧の予想値に依じた、移行電圧のレシピ設定により行う手段であることを特徴するプラズマ処理装置。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 記載のプラズマ処理装置において、前記静電吸着電極は、モノポール方式またはダイポール方式のいずれかであることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】

請求項 8 項記載のプラズマ処理装置において、前記制御手段が、静電吸着電極がダイポール方式であるときに、静電吸着電圧を双極ともにマイナス側に 50 ~ 500 V ずらすように制御する手段であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】

請求項 6 記載のプラズマ処理装置において、プラズマ処理装置内のプラズマを取り囲む面を絶縁性部材と一部導電性部材で取り囲んだことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマエッチング装置等のプラズマを利用した半導体表面処理装置で、プラズマ電位の上昇による、前記半導体表面処理装置の真空処理室内壁へのダメージを抑制するのに好適な試料のプラズマ処理方法およびプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

静電気を利用して物体を保持する方法は、特に半導体製造装置のウェハの搬送や各処理プロセス中のウェハの固定に使用されている。静電気力を用いる方法では、クランプ等による機械的な保持方法に対して、接触によるウェハの汚染が無い、ウェハ裏面全面で吸着するので、ウェハの温度制御が容易になる、等の利点がある。以上に示すように、静電吸着は、ウェハの保持方法として有利な点が多いために、特に、ドライエッチャや CVD といった装置内のウェハ処理電極として広く利用されている。一般に、静電吸着方式としては、通常 1 つの電極に吸着電圧を印加するモノポール（単極）方式と、2 つ以上の電極を

10

20

30

40

50

設け、一般的に異なる極性の吸着電圧を印加するダイポール（双極）方式がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

前記の従来技術を用いて、たとえば、半導体ウェハをプラズマエッチングする処置装置の場合、次のような課題がある。近年被処理デバイスの高微細化に伴って処理プラズマに混入する微量重金属を極力排除する必要が生じており、従来のSUS等の導電性部材に代わって、高純度石英やアルミナセラミックス、あるいは表面を陽極酸化したアルミ等の表面絶縁性部材が多用される。すなわち、多くの場合、プラズマにさらされる処理室内壁表面は耐プラズマ性の高い絶縁体材料で覆われており、処理室内のプラズマは直流的にはほぼフローティングの状態となっている。このような環境下で静電吸着のために半導体ウェハを搭載する電極にたとえば正の吸着電圧を印加し、半導体ウェハの処理のためのプラズマを発生させると、電極表面の誘電体膜および半導体ウェハを経由して、プラズマに直流の微少なリーク電流が流れこみ（プラズマから電子が流出し）その結果、プラズマがさらに正の電位にチャージアップしていく。

10

【0004】

上記リーク電流値に関しては様々な因子があるが、ウェハ表面の電位（プラズマからの電子の入射により負側にチャージしている）と、静電吸着電源の出力側電位、との電位差に大きく依存することがわかっている。上記リーク電流によりプラズマの正へのチャージアップが進行し、プラズマ電位が一定のレベルよりも高くなると、たとえば処理室内壁の表面の一部、とくに陽極酸化されたアルミ部材の表面で、処理室内壁表面の絶縁体層の絶縁破壊に伴うスパーク状の異常放電が発生する場合がある。このような異常放電はプラズマの放電安定性に影響を与えるほか、異常放電によって飛散された金属粒子が半導体ウェハのデバイス欠陥の増加や金属汚染につながることもある。

20

【0005】

上述の現象は、モノポール方式で正の吸着電圧を印加した場合の例であるが、ダイポール方式の場合は、たとえば電氣的に分離された2つの電極にそれぞれ極性の異なる電圧（たとえば+500Vと-500V）を印加して静電吸着を行っており、モノポール方式と同様に正電圧側電極からプラズマへのリーク電流が発生する。このとき、モノポール方式の場合と同様にプラズマからの電子供給によりウェハ表面は負にチャージしており、プラズマからウェハ、誘電体層を経由して負側電極に流れ出るリーク電流値は、正側電極からプラズマに流れ込むリーク電流値よりも小さく、プラズマの正電位へのチャージアップが進行しプラズマ電位が上昇した結果、チャンバ内壁表面の絶縁体層の絶縁破壊等に至る。

30

【0006】

本発明の目的は、上記のプラズマ電位の過剰な上昇による、チャンバ処理室へのダメージを抑制できる試料の処理方法および処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的は、真空室内にプラズマを発生させるとともに、前記プラズマによって試料を処理するプラズマ処理装置で、試料台に配置した前記試料をモノポール方式もしくはダイポール方式で前記試料台に静電吸着させる装置において、前記プラズマのプラズマ電位の上昇を抑制するために、前記静電吸着の電圧をシフトさせることで、達成される。

40

【0008】

すなわち、本発明は、真空室内にプラズマを発生させる第1の高周波源と、試料に高周波バイアス電力を印加する第2の高周波源と、前記試料を静電吸着させる静電吸着電極を有する試料台と、静電吸着電圧を前記電極に印加する直流電源とを有するプラズマ処理装置のプラズマ処理方法において、前記プラズマのプラズマ電位の上昇を抑制するために、前記静電吸着電圧を負側に変化させることを特徴とする。さらに、本発明は、このプラズマ処理方法において、静電吸着電圧を前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧（peak to peak）をモニタし、その4分の1から2分の1の電位分負側に移

50

行することを特徴とする。また、本発明は、上記プラズマ処理方法において、前記静電吸着電圧の移行を、前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧のモニタによる結果、またはあらかじめわかっているピークトゥーピーク電圧の予想値に応じた、移行電圧のレシピ設定により行うことを特徴とする。また、本発明は、上記プラズマ処理方法において、試料台に配置した静電吸着電極は、モノポール方式またはダイポール方式のいずれかであることを特徴とし、静電吸着電極がダイポール方式であるときに、静電吸着電圧を双極ともにマイナス側に50～500Vずらすことを特徴とする。また、本発明は、上記プラズマ処理方法において、プラズマ処理装置内のプラズマを取り囲む面を、絶縁性部材で取り囲むか、絶縁性部材と一部導電性部材で取り囲んだことを特徴とする。

【0009】

本発明は、真空室内にプラズマを発生させる第1の高周波源と、試料に高周波バイアス電力を印加する第2の高周波源と、前記試料を静電吸着させる静電吸着電極を有する試料台と、静電吸着電圧を前記電極に印加する直流電源とを有するプラズマ処理装置において、前記プラズマのプラズマ電位の上昇を抑制するために、前記静電吸着電圧を負側に变化させる制御手段を備えた。また、本発明は、前記制御手段が、静電吸着電圧を前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧をモニタし、そのピークトゥーピーク電圧の4分の1から2分の1の電位分負側に移行するよう制御する手段であり、前記静電吸着電圧の移行を、前記高周波バイアス電力のピークトゥーピーク電圧のモニタによる結果、またはあらかじめわかっているピークトゥーピーク電圧の予想値に応じた、移行電圧のレシピ設定により行う手段とした。さらに、本発明は、上記プラズマ処理装置において、前記静電吸着電極は、モノポール方式またはダイポール方式のいずれかであり、静電吸着電極がダイポール方式であるときに、前記制御手段が、静電吸着電圧を双極ともにマイナス側に50～500Vずらすように制御する手段であることを特徴とする。また、本発明は、上記プラズマ処理装置において、プラズマ処理装置内のプラズマを取り囲む面を絶縁性部材で取り囲むか、絶縁性部材と一部導電性部材で取り囲んだことを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明にかかるプラズマ処理装置および処理方法を図1～図8を用いて説明する。図1は、本発明の第1の実施例を適用するプラズマ処理装置のプラズマ生成部の詳細を示した図である。本実施例は、プラズマを生成する手段として誘導アンテナを有する誘導結合プラズマの例を示す。なお、本実施例で述べる発明は、プラズマを生成する手段が誘導結合プラズマ生成手段であっても、有磁場マイクロ波プラズマ等他の一般に用いられるプラズマ生成手段であっても良い。

【0011】

このプラズマ処理装置は、高周波電源101から、マッチングボックス（同軸ケーブル）102およびアンテナ103ならびに誘導結合窓（たとえば石英平板）104を介して真空容器110に高周波が導入される。真空容器110の廻りは、石英またはアルミナもしくは陽極酸化されたアルミ部材の円筒111で覆い、その内側には表面に誘電体膜を溶射した金属もしくは陽極酸化された金属のアース電極112がある。誘導結合窓104から真空容器内に入った高周波は、誘導結合作用を通じてプラズマ106を発生させる構造となっている。たとえば、200mmまたは300mmの試料107は、試料台108上に設置され、直流電源113により電極114に印加された直流電圧により誘電膜109とともに静電吸着される。誘電膜109および試料107を静電吸着する試料台は、いわゆるモノポール方式の静電吸着型試料台となっている。前記試料台108には、連続的もしくは周期的にオン・オフできる高周波電源115と、前記試料台108の温度調整のための熱媒体温度コントローラ116が接続されている。また、真空容器110の下部には覗き窓117がありプラズマの放電状態を観察できる。

【0012】

上述のエッチング装置を用いて、静電吸着電圧とプラズマ電位の相関について実験を行い調査した。このとき、プラズマ電位をDCプローブによって測定し、正の直流電源11

10

20

30

40

50

3により電極114に印加する電圧を調査したところ、図2のように、電極114に印加する電圧が大きい場合、プラズマ電位が上昇することが判った。また、同時に真空容器内を覗き窓117より観察したところ、プラズマ電位が50V以上の領域で異常放電が発生しやすいことが判った。

【0013】

次に、試料台108に印加する高周波電源115のパワー（ピークトゥーピーク電圧）を可変とし、高周波電源115のピークトゥーピーク電圧に対するプラズマ電位を測定した。先に述べたように、リーク電流値はウェハ表面電位に依存するが、ウェハ表面の電位は上記ピークトゥーピーク電圧に大きく依存するため、ピークトゥーピーク電圧が変わることによって、リーク電流値さらにはプラズマ電位が変わる。測定の結果、図3に示すように、ピークトゥーピーク電圧が大きい程プラズマ電位が高くなる傾向があることが判った。図3から判るように、ピークトゥーピーク電圧の値により、プラズマ電位の上昇による異常放電を抑制するためすなわちプラズマ電位の上昇を抑制するための適正な吸着電圧値が異なる。

【0014】

実験から、基準の吸着電圧に対してピークトゥーピーク電圧値の約4分の1から2分の1程度、吸着電圧値を負側にシフトさせれば、十分なマージンを確保しつつ、プラズマ電位が50Vをこえず、異常放電が発生しないように出来ることを見出した。たとえば、基準の吸着電圧が+500Vでピークトゥーピーク電圧が600Vの場合、吸着電圧を200V負側にシフトさせて、+300Vとした。また、上記の装置において、ピークトゥーピーク電圧に対して吸着電圧を変更することの出来る制御回路を設けることで、自動的に異常放電を抑制することが出来る。

【0015】

上述の現象は、次のようなメカニズムで起こると考えられる。静電吸着をするために電極に印加する直流電位によって、試料107とプラズマ106との間に0.1~1mA程度の直流電流が流れようとするが、プラズマ処理室内が絶縁性の容器で構成されている場合、その直流電流をアース側で十分吸収できず、プラズマ電位が上昇に至る。処理室内の壁のうち、陽極酸化されたアルミのような比較的薄い絶縁性部材がある場合、薄い絶縁性部材には、プラズマ電位とアース電位（通常0V）との差電圧がかかり、強い電界強度が絶縁性部材にかかる。たとえば、プラズマ電位が80V、絶縁性部材の厚みが20μmであったとすると、部材には 4×10^6 V/mの電界強度となり、絶縁破壊に至るため異常放電として観察されると考えられる。

【0016】

このプラズマ電位の上昇を回避するには、電極114から流れようとする直流電流の大きさを抑制すればよい。高周波電源によって試料にバイアス電圧かけるときには、試料表面は、直流的に負電圧側に沈み込むことが知られており、発明者らは、この沈み込みがピークトゥーピーク電圧の約1/4から1/2程度であることを見出した。この沈み込み量は、アース電極112の実効的な面積や電源周波数等の要因によって異なる。電極を流れる直流電流はこの負に沈み込んだ試料表面電圧と試料台にかける直流電圧との差によって決まるので、この差を小さくするようにすれば良いことに思い至った。装置の構造、方式等によって適正な値が異なるが、本手法を用いて所望の値の直流電圧を差し引いて印加すればよい。この場合、試料表面は、負側に沈み込んでいるので、静電吸着電極に印加する直流電圧をさし引いても、十分な吸着力を得ることができる。

【0017】

したがって、本発明では、自動的にピークトゥーピーク電圧を検出し、その1/4~1/2の電圧を、元の直流電圧値からさし引いて印加するような制御回路を設ける、あるいは、あらかじめわかっているピークトゥーピーク電圧の予想値に応じた静電吸着電圧を、エッチング各ステップでレシピ設定することで、異常放電を回避する。

【0018】

次に、本発明の第2の実施例を述べる。図4は、本発明を適用するプラズマ処理装置の

プラズマ生成部の詳細を示した図である。本実施例では、プラズマを生成する手段としては、図1に示したものと同一である。また、図1に示したものと、静電吸着用として試料台108に設ける電極114が、内電極114Aと外電極114Bとに分けられるとともに直流電源113A及び直流電源113Bからそれぞれ異なる向きの直流電圧が印加されている点で相違している。たとえば、200mmまたは300mmの試料107は、試料台108上に設置され、直流電源113Aにより内電極114Aに印加された正の直流電圧と、直流電源113Bにより外電極114Bに印加された負の直流電圧により誘電膜109と前記試料107を静電吸着しているいわゆるダイポール方式の静電吸着型試料台となっている。前記試料台108には高周波電源115と試料108の温度調整のための熱媒体温度コントローラ116が接続されている点は図1と同じである。

10

【0019】

上述のエッチング装置を用いて、静電吸着電圧とプラズマ電位の相関について実験を行い調査した。本評価では、真空容器110内にHBrとO₂ガスを導入し、高周波電源101のパワーを500W、試料台に印加する高周波電源115のパワーは35Wとした。このとき、プラズマ電位をDCプローブを用いて測定し、正の直流電源113Aにより内電極114Aに印加する電圧と、負の直流電源113Bにより外電極114Bに印加する電圧との関係を調査したところ、図5のように内電極114Aに印加する電圧が大きい場合と外電極114Bに印加する電圧の絶対値が小さい程、プラズマ電位が上昇することが判った。また、同時に真空容器内を覗き窓117より観察したところ、プラズマ電位が50V以上の領域で異常放電が発生しやすいことが判った。

20

【0020】

次に、試料台108に印加する高周波電源115のパワー（ピークトゥーピーク電圧）を可変し、高周波電源115のピークトゥーピーク電圧に対するプラズマ電位を測定した。測定の結果、図6に示すように、ピークトゥーピーク電圧が大きい程プラズマ電位が高くなる傾向があることが判った。図6から判るように、ピークトゥーピーク電圧の値により、プラズマ電位の上昇による異常放電を抑制するためすなわちプラズマ電位の上昇を抑制するための適正な吸着電圧値が異なる。実験から、基準の吸着電圧に対してピークトゥーピーク電圧値の約3分の1程度、吸着電圧値を負側にシフトさせれば、十分なマージンを確保しつつ、プラズマ電位が50Vをこえず、異常放電が発生しないことが判った。たとえば、基準の吸着電圧が内側：+500V、外側：-500Vでピークトゥーピーク電圧が600Vの場合、吸着電圧を200V負側にシフトさせて、内側：+300V、外側：-700Vとした。

30

【0021】

また、上記の装置において、ピークトゥーピーク電圧に対して正および負の吸着電圧を変更することの出来る制御回路を設け、異常放電抑制の実験を行った。本評価では、真空容器110内にHBrとO₂ガスを導入し、高周波電源101のパワーを500W、試料台に印加する高周波電源115のパワーを増加し、ピークトゥーピーク電圧が、約500Vから1000Vの範囲で増加するようにして、異常放電の有無を覗き窓117より観察した。その結果、放電開始直後のピークトゥーピーク電圧値の4分の1から2分の1、静電吸着電圧をマイナス側にシフトさせることで上記ピークトゥーピーク電圧の範囲で異常放電の発生は観られなかった。

40

【0022】

次に、本発明の第3の実施例を述べる。図7は、本発明の第3の実施例を適用するプラズマ処理装置のプラズマ生成部の詳細を示した図である。本実施例は、プラズマを生成する手段としては、図1あるいは図4に示したものと同一である。たとえば、200mmまたは300mmの試料107を載置する試料台108は、図1あるいは図4で述べたモノポール型あるいはダイポール型の電極を有している。

【0023】

第3の実施例では、真空容器（リアクタ）110内部に直流的に導通可能な導電性部材を配することを特徴とする。この導電性部材は、Cl₂やHBr、CF₄等の腐食性ガス

50

プラズマ下で耐食性を有し、かつ重金属汚染を発生させない部材である必要がある。本実施例では、たとえばSiC焼結セラミックスをリング状に配した導電性部材1000をリアクタ下部に配している。

【0024】

導電性部材1000の設置場所は、プラズマの密度の比較的高い場所である必要があり、極端なリアクタ下部のようなプラズマが届いていない場所は適切ではない。部材の面積は、プラズマ106からのリーク電流を処理するのに十分な面積が必要であり、実験的には 50 cm^2 以上必要である。導電性部材1000の抵抗率は、 1 K 以下であれば良く、良導体である必要は無い。

【0025】

図8に示すように、導電性部材1000をリアクタ内に導入した場合の実験を実施した。導電性部材を導入した場合、導入しない場合に比べて、静電吸着電圧をいかなる値で運転しても、異常放電を引き起こすプラズマ電位には至らないことがわかる。

【0026】

尚、本実施例ではHBrと O_2 のガスによる誘導結合プラズマ処理装置を例にとって説明したが、本技術は、プラズマのガス種や放電方式を問わず、反応性イオンエッチング、マグネトロンエッチング、誘導結合型プラズマエッチング等の処理装置にも応用可能であることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の第1の実施例のプラズマ処理装置の詳細を示した図。

【図2】図1の装置において測定された吸着電圧に対するプラズマ電位の測定例を示す図。

【図3】図1の装置において測定されたピークトゥピーク電圧に対するプラズマ電位の測定例を示す図。

【図4】本発明の第2の実施例のプラズマ処理装置の詳細を示した図。

【図5】図4の装置において測定された外吸着電圧をパラメータにした内電極電圧に対するプラズマ電位の測定例を示す図。

【図6】図4の装置において測定された内電極と外電極の印加電圧をパラメータにしたピークトゥピーク電圧に対するプラズマ電位の測定例を示す図。

【図7】本発明の第3の実施例のプラズマ処理装置の詳細を示した図。

【図8】図6の装置において測定された吸着電圧に対するプラズマ電位の測定例を示す図。

【符号の説明】

【0028】

101...高周波電源、102...マッチングボックス、103...アンテナ、104...誘導結合窓、106...プラズマ、107...試料、108...試料台、109...誘電膜、110...真空容器、111...円筒、112...アース電極、113...直流電源、113A...内側直流電源、113B...外側直流電源、114...電極、114A...内電極、114B...外電極、115...バイアス用高周波電源、116...熱媒体温度コントローラ、117...覗き窓、1000 - 導電性部材

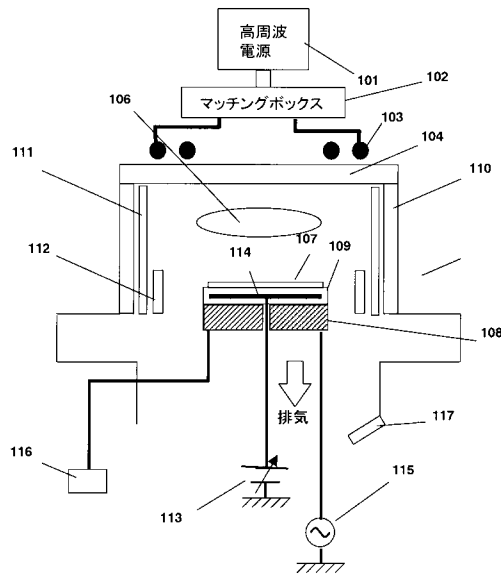
10

20

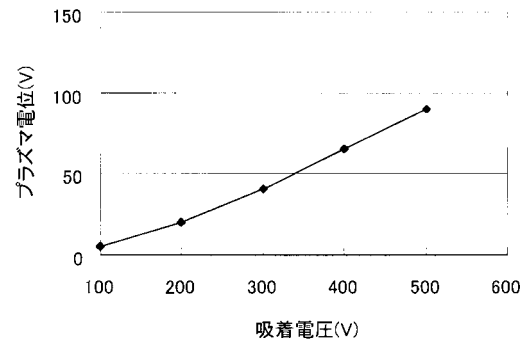
30

40

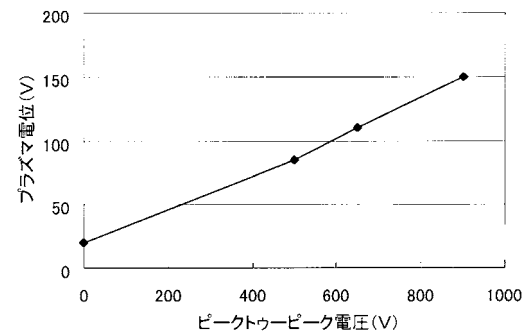
【図 1】



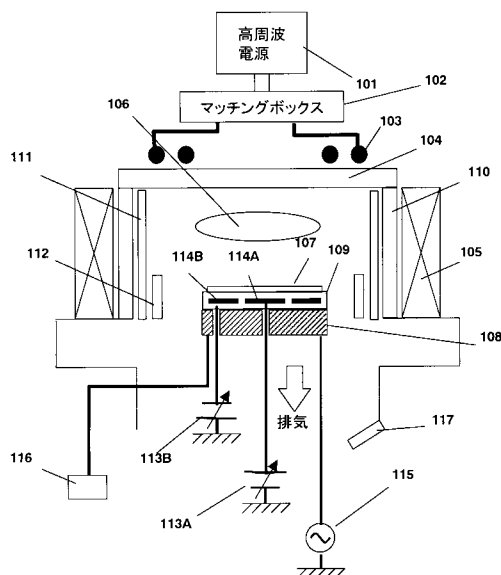
【図 2】



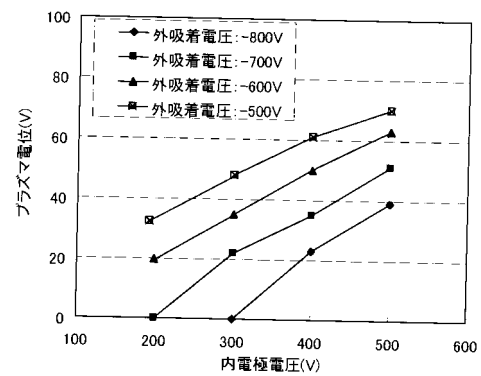
【図 3】



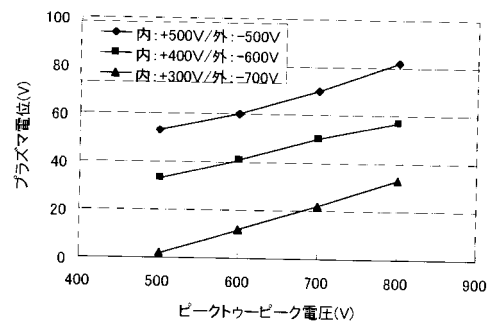
【図 4】



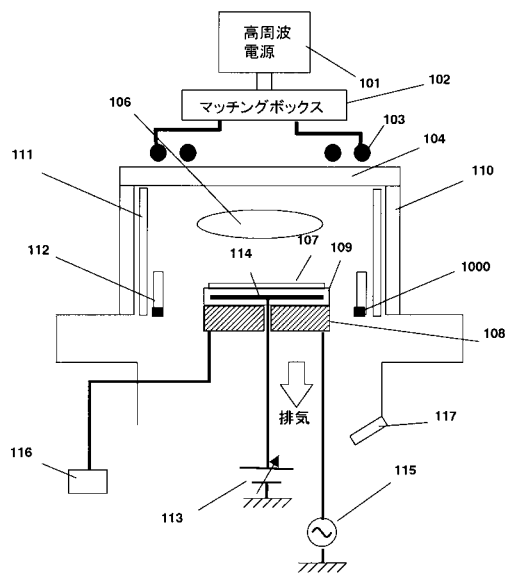
【図 5】



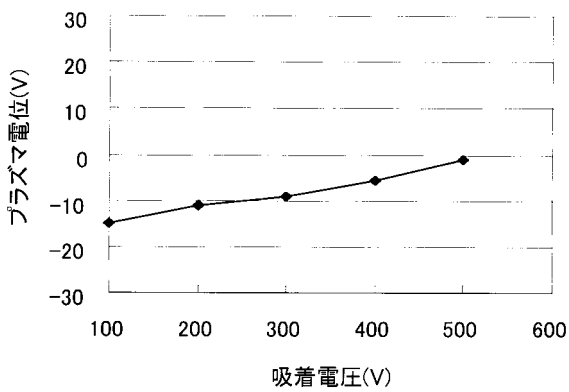
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 敬浩

山口県下松市大字東豊井794番地 日立笠戸エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 斉藤 剛

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内

(72)発明者 吉開 元彦

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内

審査官 酒井 英夫

(56)参考文献 特開2001-057359(JP,A)

特開2001-015581(JP,A)

特開2003-309111(JP,A)

特開2000-252267(JP,A)

特開平08-124913(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H01L 21/205

H01L 21/683

H05H 1/00

H05H 1/46