

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-293866

(P2005-293866A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.⁷

H05H 1/24

C23C 14/32

C23C 16/50

F I

H05H 1/24

C23C 14/32

C23C 16/50

テーマコード(参考)

4K029

4K030

B

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2004-102816 (P2004-102816)

(22) 出願日

平成16年3月31日(2004.3.31)

(71) 出願人

000004271

日本電子株式会社

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72) 発明者

高島 徹

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本

電子株式会社内

(72) 発明者

本間 義和

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本

電子株式会社内

(72) 発明者

塩野 薫

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本

電子株式会社内

Fターム(参考) 4K029 DD04

4K030 KA30

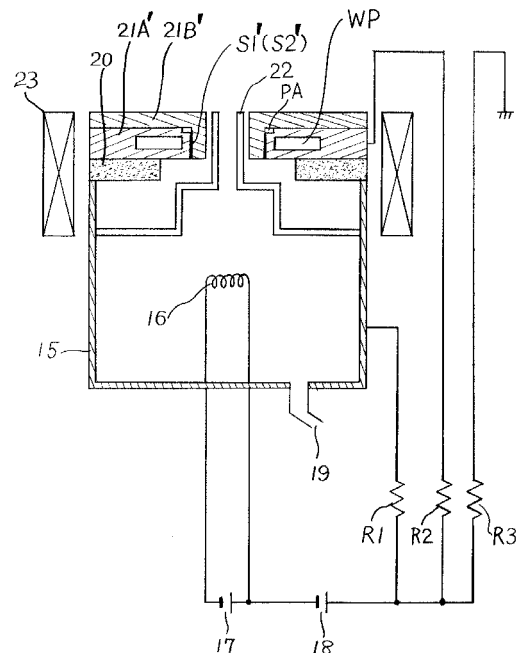
(54) 【発明の名称】 プラズマ発生装置及び薄膜形成装置

(57) 【要約】

【課題】 メンテナンス性の向上と長寿命化を果たす。

【解決手段】 放電室内に、カソード16、アノード21A、21B、筒状のシールド体22が設けられ、放電室内で形成されたプラズマ中の電子をシールド体22の孔部を通して放電室外の真空容器中に照射させるように構成されている。第2アノード21Bは二段構えの円筒形状を成し、第1アノード21A'に差し込まれる小円筒部Qの外側面は曲面仕上げのままになっている。円筒形状の第1アノード21A'の孔部Pは、浅い孔部PAと深い孔部PBの二段構えに成っており、深い孔部PBの周面には、軸方向に、等間隔に、半円柱状の溝23A、23B、23C、23Dが形成されている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放電室と、該放電室内に配置されたカソードと、該放電室の端部に配置された筒状形状の第 1 アノード、二段構えの筒状形状を成し、その小径筒状部を前記第 1 アノードの孔部に挿入することにより該第 1 アノードと部分的に繋がれる様に成して、該第 1 アノードの外側に配置された第 2 アノードと、前記カソードに対して少なくとも前記 2 つのアノードを囲うように前記放電室内に取り付けられた筒状のシールド体と、前記カソードと前記何れかのアノードとの間に放電電圧を印加するための放電電源と、前記放電室内に放電用ガスを供給するための手段を備えており、前記放電室内で形成されたプラズマ中の電子を前記シールド体の一部を通して前記放電室外の真空容器中に照射させるように構成したプラズマ発生装置において、前記第 1 アノードの孔を成す周面に、中心軸に平行に、間隔を置いて複数の溝を形成したことを特徴とするプラズマ発生装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 アノードの孔は、浅く径の大きい孔と深く径の小さい孔の二段構えに形成されており、深く径の小さい孔に第 2 アノードの小径筒状部が挿入される様に成し、該深く径の小さい孔を成す周面に、中心軸に平行に、間隔を置いて複数の溝が形成されている請求項 1 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 3】

前記溝は半円柱形状である請求項 1 若しくは 2 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 4】

前記溝は 4 本以上である請求項 1 若しくは 2 に記載のプラズマ発生装置。

20

【請求項 5】

第 1 アノードの内部に冷却水が流される水路が設けられている請求項 1 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 6】

前記間隔は等間隔である請求項 1 若しくは 2 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 7】

放電室と、該放電室内に配置されたカソードと、該放電室の端部に配置された筒状形状の第 1 アノード、二段構えの筒状形状を成し、その小径筒状部を前記第 1 アノードの孔部に挿入することにより該第 1 アノードと部分的に繋がれる様に成して、該第 1 アノードの外側に配置された第 2 アノードと、前記カソードに対して少なくとも前記 2 つのアノードを囲うように前記放電室内に取り付けられた筒状のシールド体と、前記カソードと前記何れかのアノードとの間に放電電圧を印加するための放電電源と、前記放電室内に放電用ガスを供給するための手段を備えており、前記放電室内で形成されたプラズマ中の電子を前記シールド体の一部を通して前記放電室外の真空容器中に照射させるように構成したプラズマ発生装置を備え、前記真空容器内で少なくとも気化状態の蒸着材料に前記プラズマ発生装置からの電子を照射してプラズマを発生させて基板の成膜を行うように成した薄膜形成装置において、前記第 1 アノードの孔を成す周面に、中心軸に平行に、間隔を置いて複数の溝を形成したことを特徴とする薄膜作成装置。

30

【請求項 8】

前記第 1 アノードの孔は、浅く径の大きい孔と深く径の小さい孔の二段構えに形成されており、深く径の小さい孔に第 2 アノードの小径筒状部が挿入される様に成し、該深く径の小さい孔を成す周面に、中心軸に平行に、間隔を置いて複数の溝が形成されている請求項 7 に記載の薄膜作成装置。

40

【請求項 9】

前記溝は判円柱形状である請求項 7 若しくは 8 に記載の薄膜作成装置。

【請求項 10】

前記溝は 4 本以上である請求項 7 若しくは 8 に記載の薄膜作成装置。

【請求項 11】

第 1 アノードの内部に冷却水が流される水路が設けられている請求項 7 に記載の薄膜成装

50

置。

【請求項 1 2】

前記間隔は等間隔である請求項 7 若しくは 8 に記載のプラズマ発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内部で発生させたプラズマから電子を外部に導くように成したプラズマ発生装置及びこの様なプラズマ発生装置を用いた薄膜形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

イオンプレーティング装置やプラズマ CVD 装置等の薄膜形成装置にプラズマ発生装置が利用されている。

【0003】

図 1 は、プラズマ発生装置を備えたイオンプレーティング装置の概略を示し、図 2 はプラズマ発生装置の詳細を示している。図中 1 はイオンプレーティング装置の真空容器で、この真空容器の底部には、被蒸発材料 2 を収容した坩堝 3、該被蒸発材料に電子ビームを照射するための電子銃 4 が設けられている。一方、真空容器の上部には、基板電源 5 から負の電圧が印加されている基板 6 が取り付けられている。図中 7 は真空容器の底部に支持台 8 により支持されたプラズマ発生装置で、その詳細は後述するが、該プラズマ発生装置からの電子ビームが、前記基板 6 と坩堝 3 の間に照射されるように成している。図中 9 は真空ポンプ、10 はバルブ、11 は反応ガスポンプ、12 はバルブ、13 は放電ガスポンプ、14 はバルブである。

【0004】

図 2 は前記プラズマ発生装置の概略を示しており、15 は放電室を形成するケースである。該ケース内にはカソード 16 が配置されており、該カソードは加熱電源 17 に接続されていると共に、放電電源 18 にも接続されている。該ケースには放電ガス供給管 19 が設けられており、前記放電ガスポンプ 13 から該放電ガス供給管 19 を介して Ar ガスの如き不活性ガスがケース内に導入される。該ケースの一方の端部には、ケース 15 に碍子 20 を介してリング状の第 1 アノード 21 A が設けられている。この第 1 アノードは、例えばステンレスなどで形成され、且つ環状に形成されており、第 1 アノード 21 A を含め放電室の他の部品の熱に依る損傷を防止する為に、該第 1 アノード内に設けられた水路 WP に冷却水が流されている。又、この第 1 アノードの反カソード側には高融点材料（例えば、モリブデン）製でリング状の第 2 アノード 21 B が接続されている。この第 1 カソード 21 A と第 2 アノード 21 B の接続は、互いの間の熱抵抗が大きくなるように、互いの一部分同士が繋がれることにより行われている。又、各アノードの内側には、前記カソード 16 からの電子が該各アノードに直接照射されないようにシールド電極 22 が配置されている。尚、このシールド電極 22 の先端部は電子ビームを通過させるオリフィスを成している。前記ケース 15 は抵抗 R1 を介して前記放電電源 18 に接続され、前記アノード 21 A、21 B は抵抗 R2 を介して放電電源 18 に接続されている。更に、前記真空容器 1 は抵抗 R3 を介して放電電源 18 に接続されている。尚、これらの抵抗の抵抗値は、通常、 $R1 = R3 > R2$ とされており、前記放電電源 18 に流れる電流の大部分は、アノード 21 A、21 B とカソード 16 との間の放電電流となる。図中 23 はケース内の放電電流を整形するための電磁石を構成するコイルで、ケースの外側に設けられている。

【0005】

この様な構成のイオンプレーティング装置において、先ず、バルブ 10 を開き、真空容器 1 とケース 15 内を真空ポンプ 9 により所定の圧力になるまで排気する。そして、バルブ 14 を開き、ケース 15 内に放電ガス供給管 19 を介して放電ガスポンプ 13 から放電ガス（例えば、Ar ガス）を所定量導入し、ケース 15 内の圧力を高め、カソード 16 を加熱電源 17 により熱電子放出可能な温度にまで加熱する。

【0006】

10

20

30

40

50

次に、コイル 2 3 に所定の電流を流し、プラズマの点火と安定なプラズマを維持するのに必要な磁場を電子ビームの軸方向に発生させる。この状態において、カソード 1 6 と第 1 及び第 2 アノード 2 1 A , 2 1 B に放電電源 1 8 から所定の電圧を印加すると、カソード 1 6 とケース 1 5 との間で初期放電が発生する。この初期放電がトリガとなってケース 1 5 内にプラズマが発生する。この放電プラズマ中の電子は、前記コイル 2 3 が形成する磁場の影響で、電子ビームの軸方向に集束を受け、シールド電極 2 2 の第 2 アノード 2 1 B に近い側の先端近傍に発生する加速電界により真空容器 1 内へと引き出される。

【 0 0 0 7 】

一方、真空容器 1 の内部においては、被蒸発材料 2 に向けて電子銃 4 からの電子ビームが照射され、該被蒸発材料は加熱されて蒸発させられる。又、真空容器 1 内には、バルブ 1 2 が開かれることにより、反応ガスボンベ 1 1 から反応ガス（例えば、酸素ガス）が導入される。前記プラズマ発生装置 7 から引き出された電子ビームは、前記真空容器 1 内に導入された反応ガスや蒸発粒子と衝突し、それらを励起、イオン化させて真空容器 1 内にプラズマ P を形成する。該プラズマ中のイオン化された蒸発粒子と反応ガスは、基板 6 に引き寄せられて付着或いはイオン衝撃を行い、該基板上には蒸発粒子の成膜が成される。

10

【 0 0 0 8 】

尚、プラズマ発生装置 7 から真空容器 1 内に引き出された電子及びプラズマ P 中の電子は、真空容器 1 や第 1 及び第 2 アノード 2 1 A , 2 1 B に流れ込み、安定な放電が維持される。又、プラズマ P の強さは、放電ガスの流量やカソード 1 6 の加熱温度によって制御することが出来る。又、抵抗 R 2 と R 3 について、これらの抵抗値の関係を、 $R 3 > R 2$ としたが、この抵抗値の関係を、 $R 3 = R 2$ 、 $R 3 > R 2$ 、 $R 3 < R 2$ 、 $R 3 = R 2$ と任意に変えることにより、アノード 2 1 A , 2 1 B と真空容器 1 に流れる電流量を自由に選択することが出来る。

20

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 1 4 3 8 9 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

さて、この様な構造のイオンプレーティング装置により、例えば、光学薄膜形成を行う場合、一般に酸化物雰囲気中で行う。その場合、抵抗値の関係を、 $R 3 > R 2$ として、放電電流の殆どが第 2 アノード 2 1 B に流れる様にしている。そして、前述した様に、第 1 アノード 2 1 A と第 2 アノード 2 1 B との間の熱抵抗が大きく成るようにして、放電電流が第 2 アノード 2 1 B に流れ込む時に発生する熱で第 2 アノード 2 1 B が 8 0 0 程度から 1 2 0 0 程度に加熱されるように成している。この様に第 2 アノード 2 1 B は高温に加熱されると、その表面の導電性を維持する働きをするため、酸化物雰囲気中において安定に動作することが可能となる。

30

【 0 0 1 1 】

所で、前記した様に、第 1 アノード 2 1 A と第 2 アノード 2 1 B の接続は、互いの間の熱抵抗が大きくなるように、互いの一部分同士が繋がれている。即ち、第 1 アノード 2 1 A の中心軸に平行な側面 S 1 に雌ねじが、第 2 アノード 2 1 B の中心軸に平行な外側側面 S 2 に雄ねじがそれぞれ形成されており、第 1 アノード 2 1 A の雌ねじ部に、第 2 アノード 2 1 B の雄ねじ部をねじ込むことにより第 1 アノード 2 1 A と第 2 アノード 2 1 B とが繋がれている。図 2 では第 1 アノード 2 1 A の上面と第 2 アノード 2 1 B の下面が繋がれているように見えるが、繋がってはならず、第 1 アノード 2 1 A の雌ねじ部に第 2 アノード 2 1 B の雄ねじ部を完全にねじ込んだ時に、ごく僅かな隙間が出来る程度に離れている。

40

【 0 0 1 2 】

しかし、第 2 アノード 2 1 B が高温に加熱されると、第 1 アノード 2 1 A の第 2 アノード 2 1 B との接触部は高温となり熱膨張し、第 2 アノード 2 1 B が冷めてくると、第 1 アノード 2 1 A の第 2 アノード 2 1 B との接触部は収縮する。従って、第 1 アノード 2 1 A

50

の第2アノード21Bとの接触部は熱膨張と収縮を繰り返すことになり、その結果、第1アノード21Aの雌ねじ部に熱的変形が生じ、例えば、メンテナンス時に、第2アノード21Bが第1アノード21Aから取り外すことが困難となる。

【0013】

そこで、第1アノード21Aの雌ねじ部の状態を絶えず点検し、必要に応じてタップ処理を行っているが、タップ処理を繰り返すと、第1アノード21Aの雌ねじ部が消耗し、ネジとしての機能が劣化し、更には、部品としての寿命を短くしてしまう。

【0014】

本発明は、この様な問題点を解決する為になされたもので、新規なプラズマ発生装置及び薄膜形成装置を提供することを目的とするものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明のプラズマ発生装置は、放電室と、該放電室内に配置されたカソードと、該放電室の端部に配置された筒状形状の第1アノード、二段構えの筒状形状を成し、その小径筒状部を前記第1アノードの孔部に挿入することにより該第1アノードと部分的に繋がれる様に成して、該第1アノードの外側に配置された第2アノードと、前記カソードに対して少なくとも前記2つのアノードを囲うように前記放電室内に取り付けられた筒状のシールド体と、前記カソードと前記何れかのアノードとの間に放電電圧を印加するための放電電源と、前記放電室内に放電用ガスを供給するための手段を備えており、前記放電室内で形成されたプラズマ中の電子を前記シールド体の一部を通して前記放電室外の真空容器中に照射させるように構成したプラズマ発生装置において、前記第1アノードの孔を成す周面に、中心軸に平行に、間隔を置いて複数の溝を形成したことを特徴とする。

20

【0016】

又、本発明の薄膜形成装置は、放電室と、該放電室内に配置されたカソードと、該放電室の端部に配置された筒状形状の第1アノード、二段構えの筒状形状を成し、その小径筒状部を前記第1アノードの孔部に挿入することにより該第1アノードと部分的に繋がれる様に成して、該第1アノードの外側に配置された第2アノードと、前記カソードに対して少なくとも前記2つのアノードを囲うように前記放電室内に取り付けられた筒状のシールド体と、前記カソードと前記何れかのアノードとの間に放電電圧を印加するための放電電源と、前記放電室内に放電用ガスを供給するための手段を備えており、前記放電室内で形成されたプラズマ中の電子を前記シールド体の一部を通して前記放電室外の真空容器中に照射させるように構成したプラズマ発生装置を備え、前記真空容器内で少なくとも気化状態の蒸着材料に前記プラズマ発生装置からの電子を照射してプラズマを発生させて基板の成膜を行うように成した薄膜形成装置において、前記第1アノードの孔を成す周面に、中心軸に平行に、間隔を置いて複数の溝を形成したことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、プラズマ発生装置のメンテナンスがスムーズ（容易）に行われ、その結果、プラズマ発生装置のメンテナンス性が向上し、且つ、プラズマ発生装置の構成要素である第1アノードと第2アノードが長寿命化する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0019】

図3は本発明のプラズマ発生装置の一例を示している。尚、図中、前記図2にて使用した番号と同一番号の付されたものは同一構成要素である。

【0020】

図3に示された装置と、図2で示された装置の構成上の差異を、以下に説明する。

【0021】

図3で示された装置においては、第1アノード21A'と第2アノード21B'との互

50

いの接続部が図2のものと異なっている。

【0022】

即ち、図3で示された装置においては、第2アノード21B'を第1アノード21A'にねじ込む構造ではなく、差し込む構造に成っている。

【0023】

その為に、図4の斜視図に示す様に、二段構えの円筒形状の第2アノード21B'の第1アノード21A'に差し込まれる小円筒部Qの外側面は、捻子が切られずに、曲面仕上げのままになっている。

【0024】

一方、円筒形状の第1アノード21A'の第2アノード21B'の小円筒部Qが差し込まれる孔部Pが、斜視図(図5)、上断面図(図6の(a))及び上断面図のA-A断面図(図6の(b))に示す様に、浅い孔部PAと、深い孔部PBからの二段構えに成っており、深い孔部PBの周面には、軸方向に、等間隔に、半円柱状の溝23A, 23B, 23C, 23Dが形成されている。尚、各半円柱状の溝23A, 23B, 23C, 23Dの両側エッジ部は、図6に示す様に、角張らないように(角張った箇所は熱が集中してしまう)、曲面に仕上げられている。

【0025】

第1アノード21A'の孔部PBと第2アノード21B'の小円筒部Qは、第2アノード21B'の小円筒部Qが第1アノード21A'の孔部PBに差し込まれるために、第1アノード21A'が熱膨張していない時には、当然のことながら、孔部PBの径が小円筒部Qの径より大きくせねばならないが、第1アノード21A'が熱膨張した場合に、例えば、孔部PBの径と小円筒部Qの径の差が、0.15mm以上で0.5mm以下に成る様に、孔部PBの径と小円筒部Qが形成されている。

【0026】

又、前記した様に、第1アノード21A'の深い孔部PBの周面には、軸方向に、等間隔に、半円柱状の溝が4個(23A, 23B, 23C, 23D)が形成されているが、この溝は、4個に限定されず、それ以上設けられても良い。但し、第1アノード21A'が熱膨張して第1アノード21B'と接触する面積が、例えば、全体の55%から90%に成る様に、溝の数とその大きさが設定される。

【0027】

又、第1アノード21A'の熱膨張は前記各溝(23A, 23B, 23C, 23D)で吸収されるが、吸収しきれない第1アノード21A'の熱膨張に基づく変形が第2アノード21B'が持ち上げてしまう。この様に溝(23A, 23B, 23C, 23D)で吸収しきれない熱膨張を吸収するために、第1アノード21A'には浅い孔部PAが設けられている。この孔部PAの深さは、前記吸収しきれない熱膨張の最大飽和値より大きな寸法に設定されている(例えば、0.5mm)。

【0028】

この様な構成のプラズマ発生装置を、例えば、図1に示す如きイオンプレーティング装置に応用した場合、次のように動作する。

【0029】

先ず、バルブ10を開き、真空容器1とケース15内を真空ポンプ9により所定の圧力になるまで排気する。そして、バルブ14を開き、ケース15内に放電ガス供給管19を介して放電ガスボンベ13から放電ガス(例えば、Arガス)を所定量導入し、ケース15内の圧力を高め、カソード16を加熱電源17により熱電子放出可能な温度にまで加熱する。

【0030】

次に、コイル23に所定の電流を流し、プラズマの点火と安定なプラズマを維持するのに必要な磁場を電子ビームの軸方向に発生させる。この状態において、カソード16と第1, 第2アノード21A', 21B'に放電電源18から所定の電圧を印加すると、カソード16とケース15との間で初期放電が発生する。この初期放電がトリガとなってケー

10

20

30

40

50

ス15内にプラズマが発生する。この放電プラズマ中の電子は、前記コイル23が形成する磁場の影響で、電子ビームの軸方向に集束を受け、シールド電極22の第2アノード21B'に近い側の先端近傍に発生する加速電界により真空容器1内へと引き出される。尚、カソード16からの熱電子は、シールド電極22により、直接第1アノード21A'に照射されることはない。

【0031】

一方、真空容器1の内部においては、被蒸発材料2に向けて電子銃4からの電子ビームが照射され、該被蒸発材料は加熱されて蒸発させられる。又、真空容器1内には、バルブ12が開かれることにより、反応ガスボンベ11から反応ガス(例えば、酸素ガス)が導入される。前記プラズマ発生装置7から引き出された電子ビームは、前記真空容器1内に導入された反応ガスや蒸発粒子と衝突し、それらを励起、イオン化させて真空容器1内にプラズマPを形成する。該プラズマ中のイオン化された蒸発粒子と反応ガスは、基板6に引き寄せられて付着或いはイオン衝撃を行い、該基板には蒸発粒子の成膜が成される。

10

【0032】

さて、さて、この様な構造のイオンプレーティング装置により、例えば、光学薄膜形成等を行う場合、前述した様に、抵抗値の関係を、 $R3 > R2$ として、放電電流の殆どが第2アノード21B'に流れる様にしている。この時、放電電流が第2アノード21B'に流れ込む時に発生する熱で第2アノード21B'が800程度から1200程度に加熱される。

【0033】

第2アノード21B'がこの様に高温に加熱されると、第1アノード21A'の第2アノード21B'との接触部も高温となり熱膨張する。この際、第1アノード21A'内には冷却水が流されている水路WPが設けられているので、接触部の熱膨張は中心軸方向に発生する。

20

【0034】

この中心軸方向に向かう熱膨張の殆どは、第1アノード21A'の深い孔部PBの周面に、軸方向に、等間隔に形成された半円柱状の溝23A, 23B, 23C, 23Dで吸収される。又、前記溝で吸収しきれない熱膨張は、第1アノード21A'の浅い孔部PAにて吸収される。

この結果、メンテナンス時に第2アノード21B'を第1アノード21A'から容易に取り外すことが出来、第2アノード21B'や第1アノード21A'の頻繁な点検が不要となり、メンテナンス性が向上する。

30

【0035】

又、第1アノード21A'等へのタップ処理等の必要性が無くなるので、第1アノード21A'及び第2アノード21B'のネジとしての機能の劣化が避けられ、部品としての寿命が伸びる。

【0036】

尚、本発明は、図3~図6の例に限定されるものではない。例えば、第1アノード21A'の孔部PBの周面に形成される溝は、半円柱状に限定されず、他の曲面柱状若しくは角柱状でも良い。又、前記各溝の間隔は必ずしも等間隔でなくても良い。

40

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】プラズマ発生装置を備えたイオンプレーティング装置の概略を示している。

【図2】従来のプラズマ発生装置の概略を示している。

【図3】本発明のプラズマ発生装置の一例を示している。

【図4】図3に示すプラズマ発生装置に使用されている第2アノードの概略を示している。

【図5】図3に示すプラズマ発生装置に使用されている第1アノードの概略を示している。

【図6】図3に示すプラズマ発生装置に使用されている第1アノードの概略を示している

50

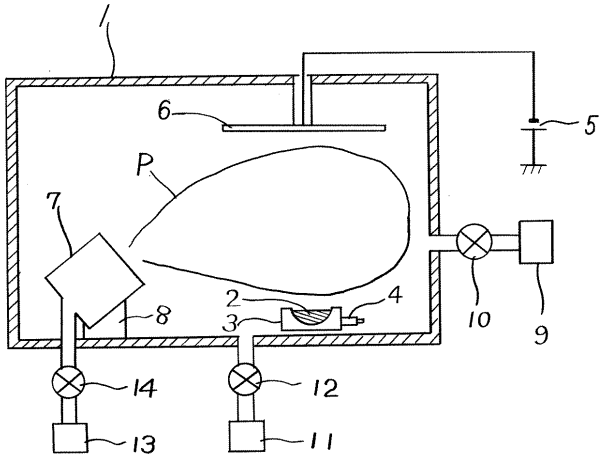
。

【符号の説明】

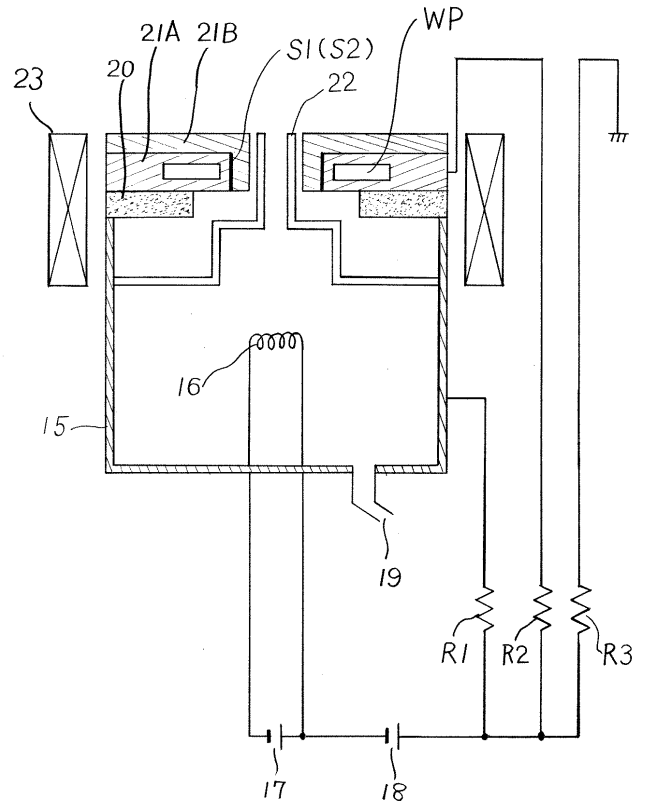
【 0 0 3 8 】

1 ... 真空容器	
2 ... 被蒸発材料	
3 ... 坩堝	
4 ... 電子銃	
5 ... 基板電源	
6 ... 基板	
7 ... プラズマ発生装置	10
8 ... 支持台	
9 ... 真空ポンプ	
1 0 ... バルブ	
1 1 ... 反応ガスポンペ	
1 2 ... バルブ	
1 3 ... 放電ガスポンペ	
1 4 ... バルブ	
1 5 ... ケース	
1 6 ... カソード	
1 7 ... 加熱電源	20
1 8 ... 放電電源	
1 9 ... 放電ガス供給管	
2 0 ... 碍子	
2 1 A , 2 1 A ... 第 1 アノード	
2 1 B , 2 1 B ... 第 2 アノード	
2 2 ... シールド電極	
W P ... 水路	
Q ... 小円筒部	
2 3 A , 2 3 B , 2 3 C , 2 3 D ... 溝	
P ... 孔	30
P A ... 浅い孔部	
P B ... 深い孔部	

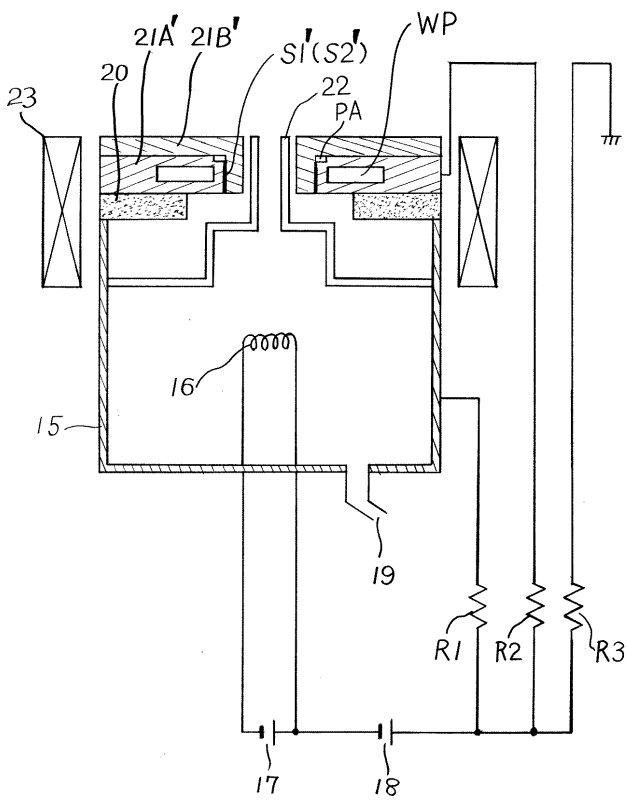
【図1】



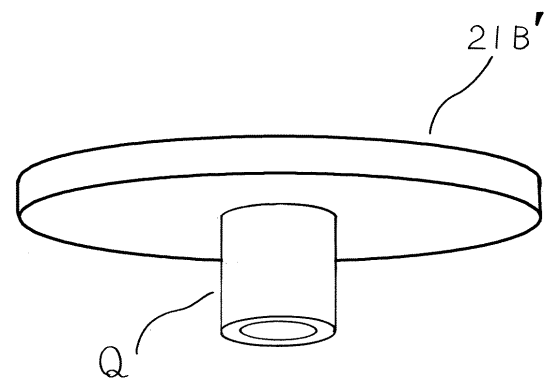
【図2】



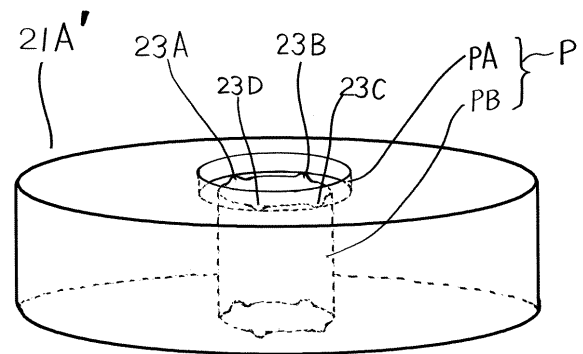
【図3】



【図4】



【図5】



【 図 6 】

