

(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2004-103578

(P2004-103578A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int.Cl.⁷

H05H 1/24
B01J 19/08
B08B 7/00
H01L 21/3065

F I

H05H 1/24
B01J 19/08 E
B08B 7/00
H01L 21/302 I O I E

テーマコード (参考)

3B116
4G075
5F004

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2003-299045 (P2003-299045)
(22) 出願日 平成15年8月22日 (2003.8.22)
(31) 優先権主張番号 特願2002-244202 (P2002-244202)
(32) 優先日 平成14年8月23日 (2002.8.23)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000002174
積水化学工業株式会社
大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号
(72) 発明者 屋良 卓也
東京都八王子市北野町593-8 積水化学工業株式会社内
(72) 発明者 高菱 誠
東京都八王子市北野町593-8 積水化学工業株式会社内

Fターム(参考) 3B116 AA01 AB13 BB82 BC01
4G075 AA22 AA24 AA30 AA63 BA10
BC02 BC04 BC06 BC10 CA03
CA15 CA62 EB42 EC21 FB04
5F004 AA16 BA20 CA07

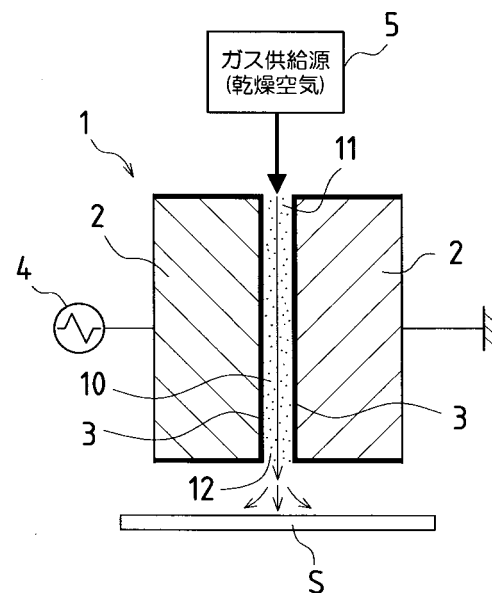
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】 セラミックス層が設けられた電極を用いてプラズマ処理を行う際、電極に設けられたセラミックス層が外気に触れる環境下であっても、被処理体に対して均一なプラズマ処理を行うことが可能なプラズマ処理方法を提供する。

【解決手段】 互いに対向する一対の対向電極2、2と、前記対向電極2、2の対向面に設けられたセラミックス層3、3とを有する放電電極1を用いて、前記対向電極2、2の間に形成される放電空間10に発生するプラズマによって被処理体Sにプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、前記放電電極1を室温よりも10℃以上高い温度に保持した後、プラズマ処理を開始する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記第 1 の電極の対向面に設けられたセラミックス層とを有する放電電極を用いて、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に発生するプラズマによって被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、

前記放電電極を室温よりも 10℃以上高い温度に保持した後、プラズマ処理を開始することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】

互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記第 1 の電極の対向面に設けられたセラミックス層とを有する放電電極を用いて、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に発生するプラズマによって被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、

前記第 1 の電極と第 2 の電極との間で放電させた後、プラズマ処理を開始することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 3】

互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記第 1 の電極の対向面に設けられたセラミックス層とを有する放電電極を用いて、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に発生するプラズマによって被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、

前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に乾燥ガスを流した後、プラズマ処理を開始することを特徴とするプラズマ処理方法。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマを利用して被処理体を処理するプラズマ処理方法に関し、特に、大気圧近傍の圧力下でのプラズマ処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、互いに対向する一対の電極の対向面にアルミナ層等のセラミックス層を設けた放電電極を用い、この一対の電極間に電圧を印加することによって大気圧近傍の圧力下でプラズマを発生させ、被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法や装置がある（例えば、特許文献 1）。

30

【特許文献 1】特開 2003-100646 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

セラミックは、一般的に多孔質体であり高い吸湿性を有している。そのため、プラズマ処理装置の運転を停止している場合、即ち、電極に設けられたセラミックス層が非乾燥の外気に触れる場合においては、セラミックス層が吸湿し、セラミックス層の絶縁耐力が低下してしまう。セラミックス層の絶縁耐力が低下していると、プラズマを発生させる際に不均一なストリーマ放電が発生し、被処理体に対して均一なプラズマ処理を行うことができなくなってしまう虞がある。

40

【0004】

本発明は、以上のような実情に鑑みてなされたもので、電極に設けられたセラミックス層が外気に触れる環境下であっても、被処理体に対して均一なプラズマ処理を行うことが可能なプラズマ処理方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項 1 に記載の発明（以下、本発明 1）は、互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記第 1 の電極の対向面に設けられたセラミックス層とを有する放電電極を用いて

50

、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に発生するプラズマによって被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、前記放電電極を室温よりも 10℃以上高い温度に保持した後、プラズマ処理を開始することを特徴としている。

放電電極を暖めることによりセラミックス層が乾燥状態になり、被処理体に対して均一なプラズマ処理を行うことができる。

【0006】

また、請求項 2 に記載の発明（以下、本発明 2）は、互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記第 1 の電極の対向面に設けられたセラミックス層とを有する放電電極を用いて、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に発生するプラズマによって被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間で放電させた後、プラズマ処理を開始することを特徴としている。

放電によりセラミックス層が加熱され乾燥状態になり、被処理体に対して均一なプラズマ処理を行うことができる。

【0007】

また、請求項 3 に記載の発明（以下、本発明 3）は、互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記第 1 の電極の対向面に設けられたセラミックス層とを有する放電電極を用いて、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に発生するプラズマによって被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に乾燥ガスを流した後、プラズマ処理を開始することを特徴としている。

乾燥ガスを流すことによりセラミックス層内の水分が乾燥ガスへ吸収される。これによりセラミックス層が乾燥状態になり、被処理体に対して均一なプラズマ処理を行うことができる。

【0008】

次に、本発明について説明する。

【0009】

まず、本発明のプラズマ処理方法は、大気圧近傍の圧力下におけるプラズマ処理に適している。なお、大気圧近傍の圧力下とは、 $1.333 \times 10^4 \sim 10.664 \times 10^4$ Pa の圧力下を指す。中でも、プラズマ処理を行う圧力が、 $9.331 \times 10^4 \sim 10.397 \times 10^4$ Pa の範囲であると、圧力調整を容易に行うことができ、また、装置構成を簡便にすることができる。

【0010】

本発明に用いられる放電電極は、互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極を備えている。第 1 の電極及び第 2 の電極を構成する材質としては、導電体であれば特に限定されず、例えば、鉄、銅、アルミニウム等の金属単体や、ステンレス、真鍮等の合金や、金属間化合物あるいは炭素材料等が挙げられる。

また、第 1 の電極と第 2 の電極は、一定の間隔を空けて設けられいることが好ましい。第 1 の電極と第 2 の電極との距離が一定に設けられていると、プラズマ発生の際に電界集中による異状放電の発生を避けることができる。一定の間隔を空けて設けられている第 1 の電極及び第 2 の電極としては、例えば、平行平板型、同軸円筒型の構造等が挙げられる。

【0011】

電極の対向面に設けられるセラミックス層としては、例えば、アルミナ層（酸化アルミニウム）、二酸化珪素層、二酸化ジルコニウム層、二酸化チタン層、チタン酸バリウム層等の固体誘電体層が挙げられ、表面の空孔の数が少なく、外気の水分を吸収し難いのが好ましい。

【0012】

放電電極に設けられるセラミックス層の厚みとしては、0.01～4 mmであることが好ましい。セラミックス層の厚みが厚すぎるとプラズマを発生するのに高電圧を要することがあり、セラミックス層の厚みが薄すぎると電圧印加時に絶縁破壊が起こり、異状放電が発生するおそれがある。

10

20

30

40

50

【0013】

セラミックス層は、少なくとも一方の電極（第1の電極）の対向面に設けられていればよい。この電極の対向面にセラミックス層を設ける方法としては、例えば、プラズマ溶射や爆発溶射等によって放電電極の表面にセラミックス材料をコーティングする溶射法等や、セラミックス板を放電電極の対向面に接着したり、密着配置したり、真空吸着により電極とセラミックス板を密着する方法等が挙げられる。

【0014】

本発明における放電電極は、第1の電極と第2の電極との間に電圧が印加されることによってプラズマを発生する。なお、電極に印加される電圧はパルス化された電圧や一般的な交流電圧でよい。

10

電極に印加するパルス電圧は、処理ガスを効率良く電離させるために電圧の立ち上がり時間や立ち下り時間が短い方が好ましく、電圧の立ち上がり時間や立ち下り時間としては、 $10\mu\text{s}$ 以下であることが好ましい。電圧の立ち上がり時間や立ち下り時間が $10\mu\text{s}$ を超えると第1の電極と第2の電極との間に異状放電を発生しやすくなり、グロー放電状態の均一なプラズマを発生させることが困難になる。また、電圧の立ち上がり時間や立ち下り時間のより好ましい範囲としては、 $50\text{ns}\sim 5\mu\text{s}$ である。

なお、ここでいう立ち上がり時間とは、電圧が連続して増加する時間を意味し、立ち下り時間とは、電圧が連続して減少する時間を意味するものとする。

【0015】

パルス電圧の電界強度としては、 $10\sim 1000\text{kV}/\text{cm}$ であることが好ましく、 $20\sim 300\text{kV}/\text{cm}$ であることがより好ましい。電界強度が $10\text{kV}/\text{cm}$ 未満であると高いプラズマ密度を得ることが困難になり、 $1000\text{kV}/\text{cm}$ を超えるとアーク放電が発生しやすくなる。

20

【0016】

パルス電圧の周波数としては、 0.5kHz 以上であることが好ましい。 0.5kHz 未満であるとプラズマ処理に長時間を要してしまう。パルス電圧の周波数の上限は特に限定されないが、常用されている 13.56MHz 、試験的に使用されている 500MHz といった高周波帯でも構わない。負荷との整合性のとり易さや取扱い性を考慮すると、パルス電圧の周波数の上限を 500kHz 以下とすることが好ましい。 0.5kHz 以上の周波数のパルス電圧を印加することにより、より大きな処理速度を達成することができる。

30

【0017】

パルス電圧における1つのパルス継続時間は、 $200\mu\text{s}$ 以下であることが好ましく、 $3\sim 200\mu\text{s}$ であることがより好ましい。パルス継続時間が $200\mu\text{s}$ を超えるとアーク放電に移行しやすくなる。

ここで、1つのパルス継続時間とは、ON、OFFの繰り返しからなるパルス電圧における、1つのパルスの連続するON時間を意味する。

【0018】

さらに、本発明1～3について詳細を説明する。

本発明1のプラズマ処理方法は、放電電極を室温よりも 10°C 以上高い温度に保持した後、プラズマ処理を開始するものである。放電電極を室温よりも 10°C 以上高い温度に保持することによってセラミックス層が吸収した水分を気化させることができる。なお、放電電極の温度とは、セラミックス層を含めた放電電極全体における平均温度を意味する。室温としては、 $0\sim 40^\circ\text{C}$ の範囲、特に $10\sim 30^\circ\text{C}$ の範囲が一般的である。

40

【0019】

また、プラズマ処理を開始する前に放電電極を室温より 10°C 以上高い温度に保持する時間としては、セラミックス層に吸湿した水分の量、湿度、及び温度等によって適宜決定されるが、10分以上であることが好ましく、20分以上であることがより好ましい。

【0020】

放電電極を室温より 10°C 以上に保持するには、放電電極を加熱すればよく、例えば、

50

1) 熱媒を用いて温度調整する方法、2) 放電により加熱する方法、等が挙げられる。後者2)については、本発明2の説明で後述する。前者1)について具体的には、放電電極を構成する一対の電極の内部に熱媒供給路を設け、熱媒供給路に温度制御手段で温度調整された熱媒を循環させればよい。

【0021】

そして、電極が所定温度で保持された後、被処理体に処理ガスのプラズマを照射することでプラズマ処理が行われる。

【0022】

本発明2のプラズマ処理方法は、前記第1の電極と第2の電極との間で放電させた後、プラズマ処理を開始するものである。放電により電極およびセラミックス層が加熱され、セラミックス層が吸収した水分を気化させることができる。なお、各種の条件で異なるが一般的に放電によりセラミックス層の温度は80℃以上になる。

10

【0023】

放電により放電電極を加熱する時間としては、セラミックス層の水分量や外気の湿度等に応じて適宜決定されるが、例えば、1分以上であることが好ましく、5分以上であることがより好ましい。

【0024】

加熱のための放電している間は、電極間に処理ガスを供給しないのが好ましい。上記のように所定時間放電させた後、第1の電極と第2の電極との間に処理ガスを供給し、被処理体に処理ガスのプラズマを照射することでプラズマ処理が行われる。

20

加熱のための放電をしている間、電極間に処理ガスを供給してもよいが、そのときは被処理体にプラズマが照射されないようにすればよい。

【0025】

本発明3のプラズマ処理方法は、前記第1の電極と第2の電極との間に乾燥ガスを流した後、プラズマ処理を開始するものである。プラズマ処理を開始する前に、一対の電極間に乾燥ガスを流すことによって、セラミックス層を乾燥させることができる。乾燥ガスはプラズマ処理に用いられる処理ガスと同じであっても、違っていても良い。例えば、安価な空気や窒素が好適である。また乾燥ガスの湿度は、外気の湿度より低ければよく、相対湿度10%以下、さらには5%以下であることが好ましい。

【0026】

乾燥ガスを流す時間としては、条件により適宜決定されるが5分～20分程度でよい。長いほどセラミックス層を乾燥させることができるので好ましいが乾燥ガスの使用量が増えてしまう。乾燥ガスを流している間、電極間に放電を発生させてもよいが、そのときは被処理体にプラズマが照射されないようにすればよい。

30

【0027】

本発明は、被処理体の表面に電氣的・光学的機能を与えたり、被処理体の表面から有機物除去、レジスト除去、高分子フィルムの接着性向上、ガラス系基板・プリント配線基盤(FPC)の洗浄、成膜、金属除去、デスミア、アッシング、エッチング、デスカム、滅菌洗浄等に利用することができる。

【0028】

本発明において処理できる被処理体としては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート、ポリイミド、液晶ポリマー、エポキシ樹脂、ポリテトラフルオロエチレン、アクリル樹脂等のプラスチックや、ガラス、セラミック、金属、シリコンウェハー等が挙げられる。被処理体の形状としては、特に限定されないが、例えば、板状、フィルム状、シート状であることが好ましい。本発明によれば、様々な形状を有する被処理体に対してもプラズマ処理を行うことができる。

40

【0029】

(作用)

なお、本発明のプラズマ処理方法によれば、放電電極を構成する一対の電極の間に存在

50

する気体の種類を問わずグロー放電状態のプラズマを発生させることができる。従来のプラズマ処理方法では、外気から遮断された密閉容器内においてプラズマ処理を行うことが必須要件であったが、本発明のプラズマ処理方法においては、開放系、あるいは、気体の自由な流失を防ぐ程度の低気密系でのプラズマ処理が可能となる。

【発明の効果】

【0030】

以上のように、被処理体にプラズマを照射するプラズマ処理前に、放電電極を室温よりも10℃以上高い温度に保持するか、放電電極に放電を発生させるか、放電電極を構成する一対の電極の間に処理ガスを流すことにより、セラミックス層への吸湿を抑えてセラミックス層を乾燥させることができるので、セラミックス層の絶縁耐力の低下を防ぐことができる。その結果、プラズマ処理中にストリーマ放電の発生を抑制することができ、プラズマ処理開始時から均一な放電状態を維持することができる。即ち、セラミックス層が外気に触れる環境下であっても、被処理体に対して均一なプラズマ処理を行うことができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、本発明の第1の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0032】

図1は本発明を適用するプラズマ処理装置を模式的に示す図である。

【0033】

20

図1に示すプラズマ処理装置は、一対の対向電極（第1の電極及び第2の電極）2，2及びアルミナ層（セラミックス層）3，3を備えた放電電極1、電源4、及び、乾燥空気等の処理ガスを供給するためのガス供給源5等を備えている。

【0034】

放電電極1を構成する一対の対向電極（ステンレス製、L50mm×W40mm×t20mm）2，2は、1mmの間隔を空けて互いに平行となるように対向配置されており、これら一対の対向電極2，2の電極間に放電空間10が形成されている。また、一方の対向電極2は電源4と接続されており、他方の対向電極2は接地されている。

【0035】

各対向電極2，2にはそれぞれ誘電率7のアルミナ層3，3が0.5mmの厚みで溶射されており、このアルミナ層3，3によって対向電極2，2のそれぞれの対向面が被覆されている。

30

【0036】

放電電極1を構成する対向電極2，2の内部には、図2に示す流水路2aをそれぞれ有している。流水路2aの両端には、温度調節機能を有するチラー（冷却水供給装置）6が設けられている。チラー6は、流水路2aに所定の温度に調節された冷却水を供給することによって、放電電極1の温度を室温（20℃）よりも30℃高い50℃に調節している。

【0037】

対向電極2，2の温度の平均温度は、流水路2aに供給される冷却水によって50℃に保持されており、対向電極2，2の対向面に溶射されたアルミナ層3，3の温度も50℃に保持されている。対向電極2，2及びアルミナ層3，3の温度が50℃に保たれているので、これらに吸収された水分が気化し、対向電極2，2及びアルミナ層3，3が乾燥した状態になっている。また、アルミナ層3，3が乾燥した状態になっているので、アルミナ層3，3は高い絶縁耐力を維持することができ、放電空間10におけるストリーマ放電の発生を抑制するとともに、グロー放電状態の均一なプラズマを発生させることができる。

40

ここで、対向電極2，2に電圧を印加して放電空間10にプラズマを発生させた際、放電空間10にグロー放電状態の均一なプラズマが発生していることを確認することによって、アルミナ層3，3が乾燥した状態になっていることを判断することができる。

【0038】

50

放電電極 1 における放電空間 10 の一端側にはガス導入口 11 が設けられ、放電空間 10 の他端側にはガス吹き出し口 12 が設けられている。

ガス導入口 11 には、乾燥空気（処理ガス）が充填されたガス供給源 5 が接続されている。ガス供給源 5 に充填された乾燥空気は、ガス導入口 11 から放電空間 10 に向けて流量を調節された状態で供給され、ガス吹き出し口 12 を通じて基板 S の表面に吹き付けられる。

【0039】

乾燥空気が放電空間 10 に供給されることによって、水分を含有する外気が放電空間 10 に混入することを防ぐことができるので、アルミナ層 3, 3 は、吸湿による絶縁耐力の低下を防ぐことができる。

10

【0040】

以上の構成のプラズマ処理装置における本発明 1 に係るプラズマ処理方法の一例を説明する。

まず、基板 S をガス吹き出し口 12 の下側に配置しない状態で、チラー 6 を駆動させることによって、対向電極 2, 2 及びアルミナ層 3, 3 の温度は、室温（20℃）よりも 30℃ 高い 50℃ に調節される。

【0041】

対向電極 2, 2 及びアルミナ層 3, 3 の温度を 50℃ に 30 分間保持した後、対向電極 2, 2 に対して電源 4 からのパルス電圧の印加を開始して放電空間 10 にプラズマを発生させる。このときに印加する電圧は、被処理体に対して行うプラズマ処理と同じ条件の電圧である。

20

次に、放電空間 10 に発生するプラズマが均一なグロー放電状態であることを確認する。放電空間 10 に均一なグロー放電状態のプラズマが確認された場合、基板 S をガス吹き出し口 12 の下側に配置する。また、放電空間 10 に均一なグロー放電状態のプラズマが確認されなかった場合、引き続いて放電空間 10 にプラズマを発生させ、プラズマが均一なグロー放電状態になったことを確認した後、基板 S をガス吹き出し口 12 の下側に配置する。

【0042】

基板 S をガス吹き出し口 12 の下側に配置した後、ガス導入口 11 から放電空間 10 に向けて乾燥空気の供給を開始する。放電空間 10 に供給された乾燥空気はプラズマとなり、ガス吹き出し口 12 を通じて放電空間 10 の外部に吹き出し、基板 S に照射される。基板 S に乾燥空気のプラズマが照射されることによって、基板 S の表面に対するプラズマ処理が開始される。

30

【0043】

上記の構成のプラズマ処理装置において、本発明 2 に係るプラズマ処理方法の一例を説明する。

まず、基板 S をガス吹き出し口 12 の下側に配置しない状態で、対向電極 2, 2 に対して電源 4 からのパルス電圧の印加を開始して放電空間 10 に放電を発生させ、対向電極 2, 2 及びアルミナ層 3, 3 の温度を上昇させる。

【0044】

3 分間放電させた後、基板 S をガス吹き出し口 12 の下側に配置し、ガス導入口 11 から放電空間 10 に向けて乾燥空気の供給を開始する。放電空間 10 に供給された乾燥空気はプラズマとなり、ガス吹き出し口 12 を通じて放電空間 10 の外部に吹き出し、基板 S に照射される。基板 S に乾燥空気のプラズマが照射されることによって、基板 S の表面に対するプラズマ処理が開始される。

40

【0045】

次に、上記の構成のプラズマ処理装置において、本発明 2 に係るプラズマ処理方法のもう 1 つの例を説明する。

まず、基板 S をガス吹き出し口 12 の下側に配置しない状態で、ガス導入口 11 から放電空間 10 に向けて乾燥空気の供給を行う。

50

【0046】

放電空間10に乾燥空気の供給を開始した後、乾燥空気の供給を維持しつつ、対向電極2, 2に対して電圧の印加を開始して放電空間10に放電を発生させ、対向電極2, 2及びアルミナ層3, 3の温度を上昇させる。

放電空間10に供給された乾燥空気は、対向電極2, 2に対する電圧の印加によってプラズマとなり、ガス吹き出し口12を通じて放電空間10の外部に吹き出される。

【0047】

放電空間10に乾燥空気を供給しながら3分間プラズマを発生させた後、基板Sをガス吹き出し口12の下側に配置する。基板Sをガス吹き出し口12の下側に配置することによって、ガス吹き出し口12から吹き出される乾燥空気のプラズマが基板Sに照射され、
10
基板Sの表面に対するプラズマ処理が開始される。

【0048】

次に、上記の構成のプラズマ処理装置において、本発明3に係るプラズマ処理方法の一例を説明する。

まず、基板Sをガス吹き出し口12の下側に配置しない状態で、ガス導入口11から放電空間10に向けて乾燥空気の供給を行う。

【0049】

放電空間10に30分間乾燥空気の供給を行った後、乾燥空気の供給を維持しつつ、対向電極2, 2に対して電圧の印加を開始して放電空間10に放電ひいてはプラズマを発生させる。放電空間10にプラズマを発生させた後、基板Sをガス吹き出し口12の下側に
20
配置する。基板Sをガス吹き出し口12の下側に配置することによって、ガス吹き出し口12から吹き出される乾燥空気のプラズマが基板Sに照射され、基板Sの表面に対するプラズマ処理が開始される。

【0050】

本発明のプラズマ処理方法は、上記の構成のプラズマ処理装置に適用される場合のみに限られず、種々の改変を行うことができる。

例えば、図3に示すように、対向電極2, 2に代えて、円筒形状の外側電極101と円柱形状の内側電極102からなる円筒同軸型電極100を用いてもよい。この場合、内側電極102の全表面に、セラミックス層として溶射によるアルミナ層103を設け、外側電極101の内面（ガス導入口及びガス吹き出し口も含む）に溶射によるアルミナ層10
30
3を設けることができる。

【0051】

本発明1に係るプラズマ処理方法では、プラズマが発生している放電空間10に乾燥空気の供給を開始して被処理体Sに対するプラズマ処理を開始しているが、放電空間10に乾燥空気を供給した後に放電空間10にプラズマの発生を開始して被処理体Sに対するプラズマ処理を開始してもよい。

【0052】

また、本発明1、2に係るプラズマ処理方法では、被処理体Sをガス吹き出し口12の下側に移動させる際に、対向電極2, 2に対する電圧の印加を一旦停止して被処理体Sを移動させることができる。電圧の印加を停止している間にアルミナ層3, 3が吸湿する恐れがあるが、対向電極2, 2に再び電圧を印加したときに電圧の印加停止前と同様のグロー放電状態のプラズマが発生可能な程度のアルミナ層3, 3の吸湿であれば電圧の印加を一旦停止することができる。
40

【0053】

また、以上の実施形態では、放電空間10の外部に配置した基板Sにプラズマ処理を行う方法に本発明を適用したが、放電空間10の内部に配置した基板Sに対してプラズマ処理を行う方法にも本発明を適用することができる。

【0054】

なお、ガス供給源5からの乾燥空気、あるいは別の系統からの処理ガスを、放電空間10に流すことによって、対向電極2, 2やアルミナ層3, 3への吸湿を抑えて高い絶縁耐
50

力を維持することが可能である場合、放電電極 1 を室温よりも 10℃ 以上高い温度に保持しなくてもよい。

【実施例】

【0055】

以下に実施例を掲げて本発明を更に詳しく説明するが、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

【0056】

(実施例 1)

上記の実施形態において、放電電極 1 の温度をチラー 6 の駆動によって 50℃ (室温より 30℃ 高い温度) で 30 分間保持した後、放電空間 10 に流量 5 L/min の乾燥空気の供給を開始した。放電空間 10 に乾燥空気を供給した状態で、対向電極 2, 2 に対して、印加電圧波高値 16 kV、周波数 10 kHz のパルス電圧の印加を開始した。なお、パルス電圧を印加している間も放電電極 1 の温度を 50℃ に保持した。 10

【0057】

(実施例 2)

上記の実施形態において、対向電極 2, 2 に対して、印加電圧波高値 16 kV、周波数 10 kHz のパルス電圧の印加を開始した。パルス電圧の印加を 3 分間行った後、引き続きパルス電圧を印加した状態で、放電空間 10 に流量 5 L/min の乾燥空気の供給を開始した。なお、乾燥空気の供給開始時から更に引き続いて 30 分間パルス電圧の印加を行った。 20

【0058】

(比較例 1)

実施例 1 において、乾燥空気の供給を開始する前に放電電極 1 を保持する温度をチラー 6 の駆動によって 20℃ (室温) としたこと以外は、実施例 1 と同様にして放電空間 10 に乾燥空気を供給した状態でパルス電圧の印加を開始した。なお、パルス電圧を印加している間もチラー 6 の駆動によって放電電極 1 の温度を 20℃ に保持した。

【0059】

(比較例 2)

実施例 1 において、放電電極 1 の温度をチラー 6 の駆動によって 20℃ (室温) に保ったこと以外は、実施例 1 と同様にしてパルス電圧の印加を開始した。なお、パルス電圧の印加の開始と同時にチラー 6 の駆動を停止し、放電電極 1 の温度をパルス電圧の印加に従って上昇させた。 30

【0060】

(比較例 3)

実施例 1 において、乾燥空気の供給を開始する前に放電電極 1 を保持する温度をチラー 6 の駆動によって 25℃ (室温より 5℃ 高い温度) としたこと以外は実施例 1 と同様にしてパルス電圧を印加した。なお、パルス電圧を印加している間も放電電極 1 の温度を 25℃ に保持した。

【0061】

放電状態の確認

以上の実施例及び比較例において、放電電極の温度を一定に保持した状態でパルス電圧を印加したときの放電空間 10 における放電状態を目視によって観察するとともに、対向電極 2, 2 に対する放電出力の経時変化を測定した。

実施例 1 の放電電極 1 では、パルス電圧の印加を開始したときから放電空間 10 の全体にわたって均一なグロー放電の発生を確認することができ、実施例 2 の放電電極 1 では、乾燥空気の供給を開始したときには既に放電空間 10 の全体にわたって均一なグロー放電の発生を確認することができた。

これに対し、比較例 1～3 の放電電極 1 では、パルス電圧の印加を開始したときは一部雨状のストリーマ放電が発生し、均一なグロー放電の発生を確認することができなかった。また、比較例 2 の放電電極 1 では、チラー 6 の駆動を停止したときから徐々に放電電極 50

10

20

30

40

50

1の温度が上昇し、20分後にストリーマ放電が消えて均一なグロー放電状のプラズマの発生を確認することができた。

【0062】

また、実施例1及び比較例3における放電電極1の放電出力の経時変化を図4に示す。

図4より、実施例1の放電電極1では、放電開始時から安定した放電出力を得ることができたのに対し、比較例3の放電電極1では、放電出力が安定するまでには放電開始時から約25分を要してしまった。

【0063】

絶縁抵抗値の測定

実施例1及び比較例1で用いたアルミナ層3, 3に対して、それぞれの温度に保持された状態で1000Vの電圧を印加したときの絶縁抵抗値を、絶縁抵抗値計を用いて計測した。

実施例1で用いたアルミナ層3, 3の絶縁抵抗値は22GΩであるのに対し、比較例1で用いたアルミナ層3, 3の絶縁抵抗値は100MΩであった。

【0064】

比較例1に対する放電状態の確認の結果において、放電電極1の温度が20℃であるときに、放電空間10にストリーマ放電が生じた原因は、アルミナ層3, 3が外気の水分を吸収して絶縁抵抗値が低下することにより、放電面である対向面での電界分布に偏りが生じた結果、局部的に電界集中が発生したためと考えられる。また、チラー6の停止から20分後にストリーマ放電が消えた理由は、放電空間10に発生するプラズマによって対向電極2, 2の温度が上昇し、対向電極2, 2及びアルミナ層3, 3の表面が湿潤状態から乾燥状態に移行することによって、セラミックス層の絶縁抵抗値が高くなったためと考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明を適用するプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図である。

【図2】本発明の実施例の説明図である。

【図3】円筒同軸型電極の一例を示す断面図である。

【図4】実施例1及び比較例3における放電電極の放電出力の経時変化を示す図である。

【符号の説明】

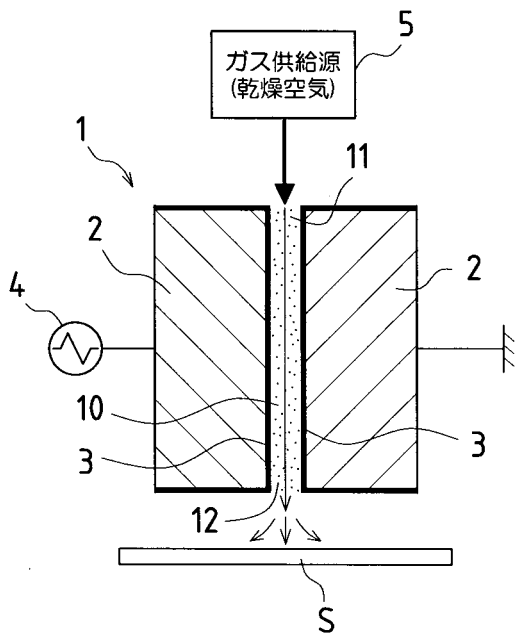
【0066】

- 1 放電電極
- 2 対向電極
- 2a 冷却水流路
- 10 放電空間
- 11 ガス導入口
- 12 ガス吹き出し口
- 3 アルミナ層（セラミックス層）
- 4 電源
- 5 ガス供給源
- 6 チラー
- S 基板

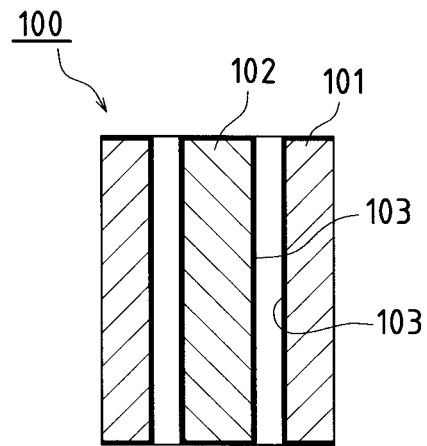
30

40

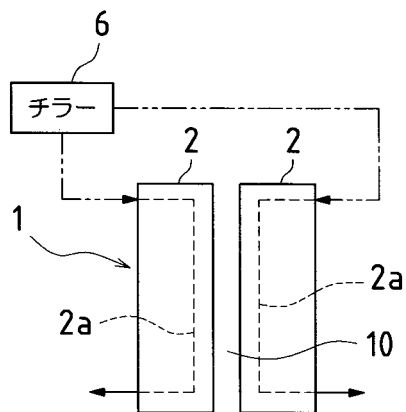
【図 1】



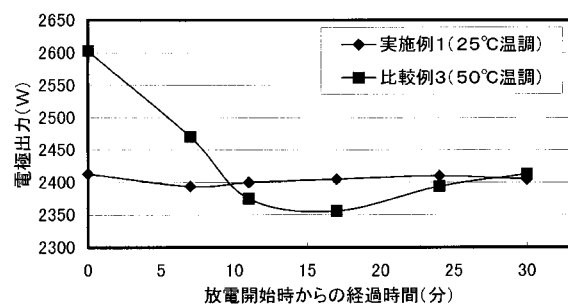
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【手続補正書】

【提出日】平成16年2月9日(2004.2.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図4】

