

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5119580号  
(P5119580)

(45) 発行日 平成25年1月16日(2013.1.16)

(24) 登録日 平成24年11月2日(2012.11.2)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H05H 1/24 (2006.01)</b>	H05H 1/24
<b>H01L 21/3065 (2006.01)</b>	H01L 21/302 I O I E
<b>H05H 1/00 (2006.01)</b>	H05H 1/00 A

請求項の数 1 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2005-245597 (P2005-245597)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成17年8月26日(2005.8.26)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2007-59306 (P2007-59306A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成19年3月8日(2007.3.8)	(74) 代理人	100109667
審査請求日	平成20年5月13日(2008.5.13)		弁理士 内藤 浩樹
		(74) 代理人	100109151
			弁理士 永野 大介
		(74) 代理人	100120156
			弁理士 藤井 兼太郎
		(72) 発明者	齋藤 光央
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	奥村 智洋
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の電極間の少なくとも一方に誘電体を設け、一方の電極上に少なくとも非平面形状の被処理面を有する被処理物を載置し、前記電極間にヘリウムガスを含む処理用ガスを供給しつつ電極間に高周波電力を供給することで、電極間に大気圧近傍の圧力下でプラズマを生成させ、前記被処理物を処理するプラズマ処理方法において、前記処理用ガスは酸素ガスを含み同径の複数系統から前記電極間に供給され、1つ以上のガス系統でガスの供給流量が異なり、かつ、前記被処理面と電極とのなす距離が大きい領域ではプラズマ状態の前記ヘリウムガスの流速を大きくし、前記被処理面と電極とのなす距離が小さい領域ではプラズマ状態の前記ヘリウムガスの流速を小さくすると共に前記被処理面と電極とのなす距離が大きい領域に比べ前記酸素ガスに対する前記ヘリウムガスの濃度も個々のガス系統より供給する前記酸素ガスと前記ヘリウムガスの比を変化させることで小さくし前記被処理物を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大気圧近傍の圧力下でプラズマを用い、プリント基板、電子部品、半導体、光学部品関連、ディスプレイ、とりわけ被処理面が平面でない被処理物に対して、被処理面を均一にエッチング、成膜および表面処理するためのプラズマ処理方法および装置に関

するものである。

【背景技術】

【0002】

大気圧近傍の圧力下で生成するプラズマ（以下、大気圧プラズマと称する）を用いたプラズマ処理方法および装置は、装置コスト削減、省スペース、および省エネなどの理由から、例えばプリント基板、電子部品、半導体、光学部品などの製造工程におけるエッチング、成膜および表面処理工程の一部において、減圧装置を用いたプラズマからの転換が図られている。

【0003】

第1の従来例としてのプラズマ処理方法および装置を、図17を用いて説明する。

10

【0004】

図17におけるプラズマ処理装置は、上部電極1と下部電極2を設け、下部電極2上に被処理物3を載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置4、ガス流路5およびガス噴出板6と、ガス噴出板6上のガス噴出面7と、ガス噴出面7の面内に設けた複数のガス噴出口8を経由して、被処理物3に対して処理ガスを供給可能な構造となっている。また、上部電極1には高周波電源9を連結し下部電極2を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっている。

【0005】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に被処理物3を載置し、処理ガス供給装置4より処理ガスとして $He = 970 \text{ sccm}$ 、 $O_2 = 30 \text{ sccm}$ を供給し、高周波電源9より電力を80W供給することで、上部電極1と被処理物3の間にプラズマ10を生成でき、被処理面を処理できる。

20

【0006】

また、上記プラズマ処理方法により、被処理面上にフォトリソ膜を塗布した被処理物3をプラズマ処理することが可能である。

【0007】

図17は、特許文献1に開示されているプラズマ処理方法および装置を基本としており、一方に固体誘電体を設けた一対の電極間にプラズマを生成し、被処理物を電極間に載置することで被処理面をプラズマ処理する方法である。この方法は、一般にダイレクト方式と呼ばれ、次の2つの利点により、様々な被処理物に適用されている。

30

【0008】

1 被処理物のサイズに合わせて電極のサイズを大きくすることで、容易に、被処理面全体に安定なプラズマを生成することができ、処理時間を短くできる。

【0009】

2 比較的容易な構造で安定にプラズマを生成でき、装置コストを低減できる。

【0010】

次に、第2の従来例としてのプラズマ処理方法および装置を、図18を用いて説明する。プラズマ処理方法および装置は第1の従来例と同様であるが、被処理物として被処理面が平面でない、異形被処理物11-aを用いている。異形被処理物の形状は、図示したように、球面（凸形状）をなしている。

40

【0011】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に異形被処理物11-aを載置し、処理ガス供給装置4より処理ガスとして $He = 970 \text{ sccm}$ 、 $O_2 = 30 \text{ sccm}$ を供給し、高周波電源9より電力を80W供給することで、上部電極1と異形被処理物11-aの間にプラズマ10を生成でき、被処理面を処理できる。

【0012】

また、上記プラズマ処理方法により、被処理面上にフォトリソ膜を塗布した異形被処理物11-aをプラズマ処理することが可能である。

【0013】

次に、第3の従来例としてのプラズマ処理方法および装置を、図19を用いて説明する

50

。処理方法および装置は第1の従来例と同様であるが、被処理物として被処理面が平面でない、異形被処理物11-bを用いている。異形被処理物の形状は、図示したように、逆円錐面（凹形状）をなしている。

【0014】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に異形被処理物11-bを載置し、処理ガス供給装置4より処理ガスとして $He = 970 \text{ sccm}$ 、 $O_2 = 30 \text{ sccm}$ を供給し、高周波電源9より電力を80W供給することで、上部電極1と異形被処理物11-bの間にプラズマ10を生成でき、被処理面を処理できる。

【0015】

また、上記プラズマ処理方法により、被処理面上にフォトリソ膜を塗布した異形被処理物11-bをプラズマ処理することが可能である。

10

【0016】

次に、第4の従来例としてのプラズマ処理方法および装置を、図20を用いて説明する。被処理物は異形被処理物11-aを用いている。処理方法および装置は第1の従来例とほぼ同様であるが、ガス噴出面7が被処理面と同等の曲面をもつ凹形状をなしている点で異なる。

【0017】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に異形被処理物11-aを載置し、処理ガス供給装置4より処理ガスとして $He = 970 \text{ sccm}$ 、 $O_2 = 30 \text{ sccm}$ を供給し、高周波電源9より電力を80W供給することで、上部電極1と異形被処理物11-aの間にプラズマ10を生成でき、被処理面を処理できる。

20

【0018】

また、上記プラズマ処理方法により、被処理面上にフォトリソ膜を塗布した異形被処理物11-aをプラズマ処理することが可能である。

【特許文献1】特許第2138895号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

第1の従来例としてのプラズマ処理方法および装置にて被処理面上にフォトリソ膜を塗布した被処理物をプラズマ処理した結果を次に示す。

30

【0020】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と38mm位置の外周部4点の計5点において、フォトリソのアッシングレートを測定した。

【0021】

5点測定の前平均で、アッシングレートは $1.20 \mu\text{m}/\text{min}$ 、面内均一性は $\pm 3.1\%$ と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

【0022】

しかしながら、被処理面が平面でない、異形被処理物を処理する場合、従来例では以下の問題点があった。

【0023】

40

図18および図19のように被処理面と電極のなす距離が小さい箇所にプラズマが集中し、被処理面と電極のなす距離が大きい箇所では処理速度が著しく小さくなった。すなわち、第2の従来例のように、被処理面が凸形状であれば被処理面の極大部（図では中央部）に集中してプラズマが生成し、第3の従来例のように、被処理面が凹形状であれば被処理面の外周部に集中してプラズマが生成した。従って、被処理面全面を一括で処理できない、あるいは全面処理するのに莫大な時間がかかるといった問題があった。

【0024】

またこの状態で、プラズマ生成領域を拡大するために高周波電力を大きくするなどした場合、未生成領域へプラズマが十分に拡散される前に放電モードがアーク放電に移行してしまうといった問題があった。

50

## 【 0 0 2 5 】

これに対し、図 2 0 のようにガス噴出面 7 を被処理面と同等の形状に作製することで、被処理面を一括で均一に処理することが可能となる。しかしこの場合、被処理面の形状に合わせてガス噴出板 6 を作製しなければならないが、ガス噴出板 6 は、基本的にセラミックで作製されるため、曲面やテーパを要する加工にはコストがかかるといった問題があった。

## 【 0 0 2 6 】

さらに、生産現場で被処理面の形状が複数種類ある場合、それぞれの形状に合わせたガス噴出板を作製する必要があり、さらにコストがかかるといった問題があった。

## 【 0 0 2 7 】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、平面でない被処理面に対して、全面を均一に一括処理することで処理時間を短縮できるプラズマ処理方法および装置、また簡易的な構造あるいは汎用性の高い構造とすることで装置コストを低減できるプラズマ処理装置を提供することを目的としている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 2 8 】

本願発明のプラズマ処理方法は、一对の電極間の少なくとも一方に誘電体を設け、一方の電極上に少なくとも非平面形状の被処理面を有する被処理物を載置し、前記電極間にヘリウムガスを含む処理用ガスを供給しつつ電極間に高周波電力を供給することで、電極間に大気圧近傍の圧力下でプラズマを生成させ、前記被処理物を処理するプラズマ処理方法において、前記処理用ガスは酸素ガスを含み同径の複数系統から前記電極間に供給され、1つ以上のガス系統でガスの供給流量が異なり、かつ、前記被処理面と電極とのなす距離が大きい領域ではプラズマ状態の前記ヘリウムガスの流速を大きくし、前記被処理面と電極とのなす距離が小さい領域ではプラズマ状態の前記ヘリウムガスの流速を小さくすると共に前記被処理面と電極とのなす距離が大きい領域に比べ前記酸素ガスに対する前記ヘリウムガスの濃度も個々のガス系統より供給する前記酸素ガスと前記ヘリウムガスの比を変化させることで小さくし前記被処理物を処理することを特徴とする。

## 【 0 0 2 9 】

このような構成により、平面でない被処理面に対して、全面を一括処理することで処理時間を短縮することが実現可能となる。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 6 0 】

以上のように、本発明のプラズマ処理方法および装置によれば、平面でない被処理面に対して、全面を均一に一括処理することで処理時間を短縮できるプラズマ処理方法および装置、また、簡易的な構造あるいは汎用性の高い構造とすることで装置コストを低減できるプラズマ処理装置を提供することが可能となる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 6 1 】

(実施の形態 1)

以下、本発明の第 1 実施形態について、図 1 を参照して説明する。

## 【 0 0 6 2 】

図 1 は本発明の第 1 実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図 1 において、上部電極 1 と下部電極 2 を設け、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - a を載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置 4 - a 乃至 4 - f、ガス流路 5 およびガス噴出板 6 と、ガス噴出板 6 上のガス噴出面 7 と、ガス噴出面 7 の面内に設けた複数のガス噴出口 8 を経由して、異形被処理物 1 1 - a に対して処理ガスを供給可能な構造となっている。また、上部電極 1 には高周波電源 9 を連結し下部電極 2 を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源 9 より電力を供給することで、異形被処理物 1 1 - a の被処理面にプラズマ 1 0 を生成できる。

## 【 0 0 6 3 】

なお、処理ガス供給装置 4 - a 乃至 4 - f は、各々が独立したガス経路となっており、供給するガス種、ガス比率およびガス流量を別々に設定できる構造となっている。

【 0 0 6 4 】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - a を載置し、表 1 に示すように各々の処理ガス供給装置より供給する流量を変えて処理ガスを供給し、高周波電源 9 より電力を 8 0 W 供給することで、上部電極 1 と被処理物 3 の間にプラズマ 1 0 を生成し、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物 1 1 - a をプラズマ処理した。

【 0 0 6 5 】

【表 1】

処理ガス供給装置	ガス流量 (s c c m)		総ガス流量 (s c c m)	He/ (O <sub>2</sub> +H e)
	He	O <sub>2</sub>		
4 - a	1 4 5 5	4 5	1 5 0 0	9 7 %
4 - b	1 2 6 1	3 9	1 3 0 0	9 7 %
4 - c	9 7 0	3 0	1 0 0 0	9 7 %
4 - d	9 7 0	3 0	1 0 0 0	9 7 %
4 - e	1 2 6 1	3 9	1 3 0 0	9 7 %
4 - f	1 4 5 5	4 5	1 5 0 0	9 7 %

10

【 0 0 6 6 】

なお、図 1 では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口 8 の開口部のサイズを 0 . 5 mm としており、ガス噴出板 6 内に数十から数百個設けている。また、ガス流路 5 の一部であるガス溜り高さ K は 1 . 5 mm、ガス噴出板 6 の厚さ L は 0 . 7 5 mm、異形被処理物 1 1 - a における被処理面の最大高低差 M は 1 mm、ガス噴出面 7 と被処理面のなす距離 N は 0 . 5 mm とし、異形被処理物 1 1 - a の外周は 4 0 mm とした。

【 0 0 6 7 】

なお、図 1 1 は第 1 乃至第 8 実施形態および第 1 乃至第 3 の従来例でのガス噴出面 7 の平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中 A A における断面図である。

【 0 0 6 8 】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物 1 1 - a の被処理面全面でプラズマ 1 0 を生成することが可能となった。

【 0 0 6 9 】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と 3 8 mm 位置の外周部 4 点の計 5 点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

【 0 0 7 0 】

5 点測定の平均で、アッシングレートは 1 . 3 3 μ m / m i n、面内均一性は ± 4 . 2 % と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

【 0 0 7 1 】

(実施の形態 2)

以下、本発明の第 2 実施形態について説明する。

【 0 0 7 2 】

図 2 は本発明の第 2 実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図 2 において、上部電極 1 と下部電極 2 を設け、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - b を載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置 4 - a 乃至 4 - f、ガス流路 5 およびガス噴出板 6 と、ガス噴出板 6 上のガス噴出面 7 と、ガス噴出面 7 の面内に設けた複数のガス噴出口 8 を経由して、異形被処理物 1 1 - b に対して処理ガスを供給可能な構造となっている。また、上部電極 1 には高周波電源 9 を連結し下部電極 2 を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源 9 より電力を供給することで、異形被処理物 1 1 - b の被処理面にプラズマ 1 0 を生成できる。

20

30

40

50

## 【 0 0 7 3 】

なお、処理ガス供給装置 4 - a 乃至 4 - f は、各々が独立したガス経路となっており、供給するガス種、ガス比率およびガス流量を別々に設定できる構造となっている。

## 【 0 0 7 4 】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - b を載置し、表 2 に示すように各々の処理ガス供給装置より供給する流量を変えて処理ガスを供給し、高周波電源 9 より電力を 8 0 W 供給することで、上部電極 1 と被処理物 3 の間にプラズマ 1 0 を生成し、被処理面上にフォトリソ膜を塗布した異形被処理物 1 1 - b をプラズマ処理した。

## 【 0 0 7 5 】

## 【表 2】

処理ガス供給装置	ガス流量 (s c c m)		総ガス流量 (s c c m)	He / (O <sub>2</sub> + H e)
	He	O <sub>2</sub>		
4 - a	9 7 0	3 0	1 0 0 0	9 7 %
4 - b	1 1 6 4	3 6	1 2 0 0	9 7 %
4 - c	1 4 5 5	4 5	1 5 0 0	9 7 %
4 - d	1 4 5 5	4 5	1 5 0 0	9 7 %
4 - e	1 1 6 4	3 6	1 2 0 0	9 7 %
4 - f	9 7 0	3 0	1 0 0 0	9 7 %

## 【 0 0 7 6 】

なお、図 2 では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口 8 の開口部のサイズを 0 . 5 mm としており、ガス噴出板 6 内に数十から数百個設けている。また、ガス流路 5 の一部であるガス溜り高さ K は 1 . 5 mm、ガス噴出板 6 の厚さ L は 0 . 7 5 mm、異形被処理物 1 1 - b における被処理面の最大高低差 M は 1 . 5 mm、ガス噴出面 7 と被処理面のなす距離 N は 0 . 5 mm とし、異形被処理物 1 1 - b の外周は 4 0 mm とした。

## 【 0 0 7 7 】

なお、図 1 1 は第 1 乃至第 8 実施形態および第 1 乃至第 3 の従来例でのガス噴出面 7 の平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中 A A における断面図である。

## 【 0 0 7 8 】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物 1 1 - a の被処理面全面でプラズマ 1 0 を生成することが可能となった。

## 【 0 0 7 9 】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と 3 8 mm 位置の外周部 4 点の計 5 点において、フォトリソのアッシングレートを測定した。

## 【 0 0 8 0 】

5 点測定の前平均で、アッシングレートは 1 . 5 0 μ m / m i n、面内均一性は ± 4 . 9 % と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

## 【 0 0 8 1 】

(実施の形態 3)

以下、本発明の第 3 実施形態について、図 1 を参照して説明する。

## 【 0 0 8 2 】

本発明の第 3 実施形態におけるプラズマ処理装置の構成、および異形被処理物 1 1 - a は第 1 発明と同様のものを用いた。

## 【 0 0 8 3 】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - a を載置し、表 3 に示すように各々の処理ガス供給装置より供給するガス比を変えて処理ガスを供給し、高周波電源 9 より電力を 8 0 W 供給することで、上部電極 1 と被処理物 3 の間にプラズマ 1 0 を生成し、被処理面上にフォトリソ膜を塗布した異形被処理物 1 1 - a

10

20

30

40

50

をプラズマ処理した。

【 0 0 8 4 】

【表 3】

処理ガス供給装置	ガス流量 (s c c m)		総ガス流量 (s c c m)	He / (O <sub>2</sub> + H e)
	He	O <sub>2</sub>		
4-a	1 2 7 4 . 0	2 6 . 0	1 3 0 0	9 8 . 0 %
4-b	1 2 5 4 . 5	4 5 . 5	1 3 0 0	9 6 . 5 %
4-c	1 2 3 5 . 0	6 5 . 0	1 3 0 0	9 5 . 0 %
4-d	1 2 3 5 . 0	6 5 . 0	1 3 0 0	9 5 . 0 %
4-e	1 2 5 4 . 5	4 5 . 5	1 3 0 0	9 6 . 5 %
4-f	1 2 7 4 . 0	2 6 . 0	1 3 0 0	9 8 . 0 %

10

【 0 0 8 5 】

なお、図 1 1 は第 1 乃至第 8 実施形態および第 1 乃至第 3 の従来例でのガス噴出面 7 の平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中 A A における断面図である。

【 0 0 8 6 】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物 1 1 - a の被処理面全面でプラズマ 1 0 を生成することが可能となった。

【 0 0 8 7 】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と 3 8 m m 位置の外周部 4 点の計 5 点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

20

【 0 0 8 8 】

5 点測定の前平均で、アッシングレートは 1 . 2 2 μ m / m i n、面内均一性は ± 3 . 2 % と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

【 0 0 8 9 】

(実施の形態 4)

以下、本発明の第 4 実施形態について、図 2 を参照して説明する。

【 0 0 9 0 】

本発明の第 4 実施形態におけるプラズマ処理装置の構成、および異形被処理物 1 1 - b は第 2 発明と同様のものを用いた。

30

【 0 0 9 1 】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - b を載置し、表 4 に示すように各々の処理ガス供給装置より供給するガス比を変えて処理ガスを供給し、高周波電源 9 より電力を 8 0 W 供給することで、上部電極 1 と被処理物 3 の間にプラズマ 1 0 を生成し、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物 1 1 - b をプラズマ処理した。

【 0 0 9 2 】

【表 4】

処理ガス供給装置	ガス流量 (s c c m)		総ガス流量 (s c c m)	He / (O <sub>2</sub> + H e)
	He	O <sub>2</sub>		
4-a	1 2 3 5	6 5	1 3 0 0	9 5 %
4-b	1 2 6 1	3 9	1 3 0 0	9 7 %
4-c	1 2 7 4	2 6	1 3 0 0	9 8 %
4-d	1 2 7 4	2 6	1 3 0 0	9 8 %
4-e	1 2 6 1	3 9	1 3 0 0	9 7 %
4-f	1 2 3 5	3 9	1 3 0 0	9 5 %

40

【 0 0 9 3 】

なお、図 1 1 は第 1 乃至第 8 実施形態および第 1 乃至第 3 の従来例でのガス噴出面 7 の

50

平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中 A A における断面図である。

【 0 0 9 4 】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物 1 1 - b の被処理面全面でプラズマ 1 0 を生成することが可能となった。

【 0 0 9 5 】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と 3 8 m m 位置の外周部 4 点の計 5 点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

【 0 0 9 6 】

5 点測定の中で、アッシングレートは 1 . 3 9  $\mu$  m / m i n、面内均一性は  $\pm$  3 . 6 % と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

10

【 0 0 9 7 】

以上、第 1 乃至第 4 実施形態で示したように、本論の課題が改善された理由は、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）の大きい箇所でも十分なプラズマ密度を確保でき、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたからである。

【 0 0 9 8 】

ここで、大気圧近傍の圧力下で、かつ被処理面内において電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が異なる場合に、プラズマ密度の均一性が保たれない原因は次の 2 点であると考えられる。

20

【 0 0 9 9 】

1 パッシェンの法則で知られるように、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほど放電開始電圧が高くなり、プラズマ密度が低下する。

【 0 1 0 0 】

2 電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほどアーク放電に移行しやすく、均一なプラズマが生成し難い。

【 0 1 0 1 】

これらより、電極間ギャップの大きい箇所では大気圧下でも放電開始電圧が低く、他のガス種に比べてプラズマ密度を向上させやすい不活性ガスのガス密度を高くすることが必要となる。

30

【 0 1 0 2 】

また、電極間ギャップの大きい箇所では電極表面を冷却することで、アーク放電への移行を抑制することが必要となる。

【 0 1 0 3 】

したがって本実施形態のように、電極間ギャップの大きい箇所ではガス流速（ここではガス流量）もしくは不活性ガス濃度を大きくすることにより、不活性ガス濃度の向上および電極表面の冷却に寄与し、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたと考えられる。

【 0 1 0 4 】

（実施の形態 5）

以下、本発明の第 5 実施形態について、図 3 および図 4 を参照して説明する。

40

【 0 1 0 5 】

図 3 は本発明の第 5 実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図 3 において、上部電極 1 と下部電極 2 を設け、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - a を載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置 4、ガス流路 5 およびガス噴出板 6 と、ガス噴出板 6 上のガス噴出面 7 と、ガス噴出面 7 の面内に設けた複数のガス噴出口 8 を経由して、異形被処理物 1 1 - a に対して処理ガスを供給可能な構造となっている。また、上部電極 1 には高周波電源 9 を連結し下部電極 2 を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源 9 より電力を供給することで、異形被処理物 1 1 - a の被処理面にプラズマ 1 0 を生成できる。

50

## 【 0 1 0 6 】

図 4 はガス噴出口 8 を拡大したものを示す。図 4 のようにガス噴出口 8 は、中央部から外周部に向かって段階的に直径、かつ開口断面積を大きくしている。このガス噴出口 8 の直径および開口断面積の値を表 5 に示す。

## 【 0 1 0 7 】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - a を載置し、処理ガス供給装置 4 より  $He = 970 \text{ s c c m}$ 、 $O_2 = 30 \text{ s c c m}$  を供給し、高周波電源 9 より電力を  $80 \text{ W}$  供給することで、上部電極 1 と被処理物 3 の間にプラズマ 10 を生成し、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物 1 1 - a をプラズマ処理した。

10

## 【 0 1 0 8 】

## 【表 5】

ガス噴出口	開口断面の直径	開口断面積
a	$\Phi 0.80 \text{ mm}$	$0.503 \text{ mm}^2$
b	$\Phi 0.70 \text{ mm}$	$0.385 \text{ mm}^2$
c	$\Phi 0.50 \text{ mm}$	$0.196 \text{ mm}^2$
d	$\Phi 0.35 \text{ mm}$	$0.096 \text{ mm}^2$
e	$\Phi 0.20 \text{ mm}$	$0.031 \text{ mm}^2$

20

## 【 0 1 0 9 】

なお、図 3 および図 4 では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口 8 はガス噴出板 6 内に数十から数百個設けている。また、ガス流路 5 の一部であるガス溜り高さ  $K$  は  $20 \text{ mm}$ 、ガス噴出板 6 の厚さ  $L$  は  $0.75 \text{ mm}$ 、異形被処理物 1 1 - a における被処理面の最大高低差  $M$  は  $1 \text{ mm}$ 、ガス噴出面 7 と被処理面のなす距離  $N$  は  $0.5 \text{ mm}$  とし、異形被処理物 1 1 - a の外周は  $40 \text{ mm}$  とした。

## 【 0 1 1 0 】

なお、図 1 1 は第 1 乃至第 8 実施形態および第 1 乃至第 3 の従来例でのガス噴出面 7 の平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中 A A における断面図である。

30

## 【 0 1 1 1 】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物 1 1 - a の被処理面全面でプラズマ 10 を生成することが可能となった。

## 【 0 1 1 2 】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と  $38 \text{ mm}$  位置の外周部 4 点の計 5 点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

## 【 0 1 1 3 】

5 点測定の平均で、アッシングレートは  $1.20 \mu\text{m}/\text{min}$ 、面内均一性は  $\pm 6.1\%$  と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

## 【 0 1 1 4 】

(実施の形態 6)

以下、本発明の第 6 実施形態について、図 5 および図 6 を参照して説明する。

40

## 【 0 1 1 5 】

図 5 は本発明の第 6 実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図 5 において、上部電極 1 と下部電極 2 を設け、下部電極 2 上に異形被処理物 1 1 - a を載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置 4、ガス流路 5 およびガス噴出板 6 と、ガス噴出板 6 上のガス噴出面 7 と、ガス噴出面 7 の面内に設けた複数のガス噴出口 8 を經由して、異形被処理物 1 1 - a に対して処理ガスを供給可能な構造となっている。また、上部電極 1 には高周波電源 9 を連結し下部電極 2 を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源 9 より電力を供給することで、異形被処

50

理物 11 - a の被処理面にプラズマ 10 を生成できる。

【0116】

図 6 はガス流路 5 のガス噴出板 6 近傍を拡大したものを示す。図 6 のようにガス流路 5 の流路長さは、中央部から外周部に向かって段階的に小さくした。このガス流路 5 の流路長さの値を表 6 に示す。

【0117】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極 2 上に異形被処理物 11 - a を載置し、処理ガス供給装置 4 より  $He = 970 \text{ sccm}$ 、 $O_2 = 30 \text{ sccm}$  を供給し、高周波電源 9 より電力を  $80 \text{ W}$  供給することで、上部電極 1 と被処理物 3 の間にプラズマ 10 を生成し、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物 11 - a をプラズマ

10

【0118】

【表 6】

ガス噴出口	ガス流路長さ
f	1.00 mm
g	1.50 mm
h	2.00 mm
i	2.50 mm
j	3.00 mm

20

【0119】

なお、図 5 および図 6 では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口 8 の開口部のサイズを  $0.5 \text{ mm}$  としており、ガス噴出板 6 内に数十から数百個設けている。また、ガス流路 5 の一部であるガス溜り高さ  $K$  は  $20 \text{ mm}$ 、ガス噴出板 6 の厚さ  $L$  は  $0.75 \text{ mm}$ 、異形被処理物 11 - a における被処理面の最大高低差  $M$  は  $1 \text{ mm}$ 、ガス噴出面 7 と被処理面のなす距離  $N$  は  $0.5 \text{ mm}$  とし、異形被処理物 11 - a の外周は  $40 \text{ mm}$  とした。

【0120】

なお、図 11 は第 1 乃至第 8 実施形態および第 1 乃至第 3 の従来例でのガス噴出面 7 の平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中 AA における断面図である。

30

【0121】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物 11 - a の被処理面全面でプラズマ 10 を生成することが可能となった。

【0122】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と  $38 \text{ mm}$  位置の外周部 4 点の計 5 点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

【0123】

5 点測定の前平均で、アッシングレートは  $1.25 \mu\text{m}/\text{min}$ 、面内均一性は  $\pm 5.5\%$  と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

40

【0124】

以上、第 5 乃至第 6 実施形態で示したように、本論の課題が改善された理由は、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）の大きい箇所でも十分なプラズマ密度を確保でき、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたからである。

【0125】

ここで、大気圧近傍の圧力下で、かつ被処理面内において電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が異なる場合に、プラズマ密度の均一性が保たれない原因は次の 2 点であると考えられる。

【0126】

50

1 パッシェンの法則で知られるように、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほど放電開始電圧が高くなり、プラズマ密度が低下する。

【0127】

2 電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほどアーク放電に移行しやすく、均一なプラズマが生成し難い。

【0128】

これらより、電極間ギャップの大きい箇所では大気圧下でも放電開始電圧が低く、他のガス種に比べてプラズマ密度を向上させやすい不活性ガスのガス密度を高くすることが必要となる。

【0129】

したがって本実施形態のように、電極間ギャップの大きい箇所でガス噴出口の開口断面積を大きくする、またはガス流路長さを小さくしてコンダクタンスを大きくすることにより、結果としてガス流量もしくは不活性ガス濃度を大きくすることができ、不活性ガス濃度の向上および電極表面の冷却に寄与し、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたと考えられる。

【0130】

（実施の形態7）

以下、本発明の第7実施形態について、図7を参照して説明する。

【0131】

図7は本発明の第7実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図7において、上部電極1と下部電極2を設け、下部電極2上に異形被処理物11-aを載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置4、ガス流路5およびガス噴出板6と、ガス噴出板6上のガス噴出面7と、ガス噴出面7の面内に設けた複数のガス噴出口8を経由して、異形被処理物11-aに対して処理ガスを供給可能な構造となっている。

【0132】

なお、上部電極1にはモーターユニット12を連結し、被処理物に対して上部電極1かつガス噴出板6を回転運動できるようになっている。

【0133】

また、下部電極2には高周波電源9を連結し上部電極1を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源9より電力を供給することで、異形被処理物11-aの被処理面にプラズマ10を生成できる。

【0134】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に異形被処理物11-aを載置し、処理ガス供給装置より $A_r = 985 \text{ sccm}$ 、 $O_2 = 15 \text{ sccm}$ を供給し、モーターユニット12により上部電極1かつガス噴出板6を $120 \text{ rpm}$ で回転させつつ、高周波電源9より電力を $80 \text{ W}$ 供給することで、上部電極1と被処理物3の間にプラズマ10を生成し、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物11-aをプラズマ処理した。

【0135】

なお、図7では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口8の開口部のサイズを $0.5 \text{ mm}$ としており、ガス噴出板6内に数十から数百個設けている。また、ガス流路5の一部であるガス溜り高さ $K$ は $2.5 \text{ mm}$ 、ガス噴出板6の厚さ $L$ は $0.75 \text{ mm}$ 、異形被処理物11-aにおける被処理面の最大高低差 $M$ は $1 \text{ mm}$ 、ガス噴出面7と被処理面のなす距離 $N$ は $0.5 \text{ mm}$ とし、異形被処理物11-aの外周は $40 \text{ mm}$ とした。

【0136】

なお、図11は第1乃至第8実施形態および第1乃至第3の従来例でのガス噴出面7の平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中AAにおける断面図である。

【0137】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物11-aの被処理面のほぼ全

10

20

30

40

50

面でプラズマ10を生成することが可能となった。

【0138】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と38mm位置の外周部4点の計5点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

【0139】

5点測定の中で、アッシングレートは $0.92\mu\text{m}/\text{min}$ 、面内均一性は $\pm 7.1\%$ と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

【0140】

(実施の形態8)

以下、本発明の第8実施形態について、図8を参照して説明する。

10

【0141】

図8は本発明の第8実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図8において、上部電極1と下部電極2を設け、下部電極2上に異形被処理物11-bを載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置4、ガス流路5およびガス噴出板6と、ガス噴出板6上のガス噴出面7と、ガス噴出面7の面内に設けた複数のガス噴出口8を経由して、異形被処理物11-bに対して処理ガスを供給可能な構造となっている。

【0142】

なお、上部電極1にはモーターユニット12を連結し、被処理物に対して上部電極1かつガス噴出板6を回転運動できるようになっている。

【0143】

また、下部電極2には高周波電源9を連結し上部電極1を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源9より電力を供給することで、異形被処理物11-bの被処理面にプラズマ10を生成できる。

20

【0144】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に異形被処理物11-bを載置し、処理ガス供給装置より $\text{He} = 970\text{ sccm}$ 、 $\text{O}_2 = 30\text{ sccm}$ を供給し、モーターユニット12により上部電極1かつガス噴出板6を $120\text{ rpm}$ で回転させつつ、高周波電源9より電力を $80\text{ W}$ 供給することで、上部電極1と被処理物3の間にプラズマ10を生成し、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物11-bをプラズマ処理した。

30

【0145】

なお、図8では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口8の開口部のサイズを $0.5\text{ mm}$ としており、ガス噴出板6内に数十から数百個設けている。また、ガス流路5の一部であるガス溜り高さ $K$ は $2.5\text{ mm}$ 、ガス噴出板6の厚さ $L$ は $0.75\text{ mm}$ 、異形被処理物11-aにおける被処理面の最大高低差 $M$ は $1.5\text{ mm}$ 、ガス噴出面7と被処理面のなす距離 $N$ は $0.5\text{ mm}$ とし、異形被処理物11-aの外周は $40\text{ mm}$ とした。

【0146】

なお、図11は第1乃至第8実施形態および第1乃至第3の従来例でのガス噴出面7の平面の模式図を示したものであり、各実施形態および従来例におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中AAにおける断面図である。

40

【0147】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物11-bの被処理面のほぼ全面でプラズマ10を生成することが可能となった。

【0148】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と38mm位置の外周部4点の計5点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

【0149】

5点測定の中で、アッシングレートは $1.00\mu\text{m}/\text{min}$ 、面内均一性は $\pm 7.8\%$ と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

【0150】

50

以上、第7乃至第8実施形態で示したように、本論の課題が改善された理由は、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）の大きい箇所でも十分なプラズマ密度を確保でき、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたからである。

【0151】

ここで、大気圧近傍の圧力下で、かつ被処理面内において電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が異なる場合に、プラズマ密度の均一性が保たれない原因は次の2点であると考えられる。

【0152】

1 パッシェンの法則で知られるように、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほど放電開始電圧が高くなり、プラズマ密度が低下する。

10

【0153】

2 電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほどアーク放電に移行しやすく、均一なプラズマが生成し難い。

【0154】

これらより、電極間ギャップの大きい箇所では大気圧下でも放電開始電圧が低く、他のガス種に比べてプラズマ密度を向上させやすい不活性ガスのガス密度を高くすることが必要となる。

【0155】

したがって本実施形態のように、中央部の電極間ギャップが小さい場合は比重の大きい不活性ガス（例えばArガス）とそれより比重の小さい反応ガス（例えばO<sub>2</sub>ガス）を組み合わせ、中央部の電極間ギャップが大きい場合は比重の小さい不活性ガス（例えばHeガス）とそれより比重の大きい反応ガス（例えばO<sub>2</sub>ガス）を組み合わせ、上部電極かつガス噴出板を回転させて処理ガスを遠心分離させることにより、結果として電極間ギャップの大きい箇所でも不活性ガス濃度を大きくすることができ、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたと考えられる。

20

【0156】

（実施の形態9）

以下、本発明の第9実施形態について、図9および図10を参照して説明する。

【0157】

図9は本発明の第9実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図9において、上部電極1と下部電極2を設け、下部電極2上に異形被処理物11-bを載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置4、ガス流路5およびガス噴出板6と、ガス噴出板6上のガス噴出面7と、ガス噴出面7の面内に設けた複数のガス噴出口8を經由して、異形被処理物11-bに対して処理ガスを供給可能な構造となっている。また、上部電極1には高周波電源9を連結し下部電極2を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源9より電力を供給することで、異形被処理物11-bの被処理面にプラズマ10を生成できる。

30

【0158】

図10はガス噴出面7の平面の模式図を示す。図10のようにガス噴出口8を中央部に密にし、外周部で粗にして、ガス噴出面内で中央部から外周部に向かって段階的に疎になるようにしている。また、第9実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図は、図中BBにおける断面図である。

40

【0159】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に異形被処理物11-bを載置し、処理ガス供給装置4よりHe = 970 sccm、O<sub>2</sub> = 30 sccmを供給し、高周波電源9より電力を80W供給することで、上部電極1と被処理物3の間にプラズマ10を生成し、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物11-bをプラズマ処理した。

【0160】

50

なお、図9および図10では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口8の開口部のサイズを0.5mmとしており、ガス噴出口8はガス噴出板6内に数十から数百個設けている。また、ガス流路5の一部であるガス溜り高さKは20mm、ガス噴出板6の厚さLは0.75mm、異形被処理物11-bにおける被処理面の最大高低差Mは1mm、ガス噴出面7と被処理面のなす距離Nは0.5mmとし、異形被処理物11-bの外周は40mmとした。

【0161】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物11-bの被処理面全面でプラズマ10を生成することが可能となった。

【0162】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と38mm位置の外周部4点の計5点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

【0163】

5点測定の平均で、アッシングレートは0.93 $\mu$ m/min、面内均一性は $\pm$ 4.9%と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

【0164】

以上、第9の実施形態で示したように、本論の課題が改善された理由は、電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)の大きい箇所でも十分なプラズマ密度を確保でき、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたからである。

【0165】

ここで、大気圧近傍の圧力下で、かつ被処理面内において電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)が異なる場合に、プラズマ密度の均一性が保たれない原因は次の2点であると考えられる。

【0166】

1 バッシェンの法則で知られるように、電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)が大きいほど放電開始電圧が高くなり、プラズマ密度が低下する。

【0167】

2 電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)が大きいほどアーク放電に移行しやすく、均一なプラズマが生成し難い。

【0168】

これらより、電極間ギャップの大きい箇所では大気圧下でも放電開始電圧が低く、他のガス種に比べてプラズマ密度を向上させやすい不活性ガスのガス密度を高くすることが必要となる。

【0169】

したがって本実施形態のように、電極間ギャップの大きい箇所ではガス噴出口の数を密にして、電極間ギャップの小さい箇所ではガス噴出口の数を疎にすることにより、結果としてガス流量もしくは不活性ガス濃度を大きくすることができ、不活性ガス濃度の向上および電極表面の冷却に寄与し、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたと考えられる。

【0170】

(実施の形態10)

以下、本発明の第10実施形態について、図12乃至図14を参照して説明する。

【0171】

図12は本発明の第10実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。図12において、上部電極1と下部電極2を設け、下部電極2上に、反りを有するガラス基板としての異形被処理物11-cを載置可能な構造となっており、処理ガス供給装置4、ガス流路5およびガス噴出板6と、ガス噴出板6上のガス噴出面7と、ガス噴出面7の面内に設けた複数のガス噴出口8を経由して、異形被処理物11-cに対して処理ガスを供給可能な構造となっている。また、上部電極1には高周波電源9を連結し下部電極2

10

20

30

40

50

を接地電位とすることで両電極間に高周波電力を印加可能な構造となっており、高周波電源 9 より電力を供給することで、異形被処理物 11 - c の被処理面にプラズマ 10 を生成できる。この時、プラズマ 10 より発生する光を、下部電極 2 に設けた透光窓 13 を介して検出器 14 で検出でき、発光分光ユニット 15 により発光強度を算出することができる。また、レール 16 上で検出器 14 を走査し、任意の場所で発光を検出することにより、ある特定の波長の発光強度分布を得ることができる。

【0172】

また、図 12 に示したプラズマ処理装置は、ガス流路 5 において、第 1 実施形態で用いたプラズマ処理装置と異なり、各ガス流路 5 - a 乃至 5 - f の間に仕切りを備えることで各ガス供給装置 4 から供給される処理ガスが、ガス噴出口 8 より噴出されるまで混合されない構造になっている。

10

【0173】

なお、図 13 は第 10 実施形態でのガス噴出面 7 の平面の模式図を示したものであり、ほぼ正方形となっている。また図 12 は、図中 C C における断面図である。

【0174】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極 2 上に異形被処理物 11 - c を載置し、全ての処理ガス供給装置 4 より  $He = 1000 \text{ sccm}$  を供給し、高周波電源 9 より電力を  $120 \text{ W}$  供給することで、上部電極 1 と被処理物 3 の間にプラズマ 10 を生成した。次に、検出器 14 を X 方向走査しつつ、プラズマ 10 からの発光のうち  $706 \text{ nm}$  の波長を検出し、図 14 に示すような検出時間に対する波長  $706 \text{ nm}$  の発光強度分布を描いた。さらに、図 14 の凸型の分布をフラットにするように、ガス供給装置 4 から供給するガス流量を表 7 に示す値に再調節し（この時に  $He$  ガスだけでなく、 $O_2$  ガスも供給し）、被処理面上にフォトレジスト膜を塗布した異形被処理物 11 - c をプラズマ処理した。このようにして、検出器 14 が X 方向に走査した後で Z 方向にある距離だけ移動し、再び X 方向に走査して、発光強度分布を描いてガス流量を再調節するという動作を繰り返すことで、ガス流量を再調整しつつ異形被処理物 11 - c の全面をプラズマ処理した。

20

【0175】

【表 7】

処理ガス供給装置	ガス流量 (sccm)		総ガス流量 (sccm)	He / ( $O_2 + He$ )
	He	$O_2$		
4-a	1358	42	1400	97%
4-b	1212.5	37.5	1250	97%
4-c	970	30	1000	97%
4-d	970	30	1000	97%
4-e	1212.5	37.5	1250	97%
4-f	1358	42	1400	97%

30

【0176】

なお、図 12 および図 13 では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口 8 の開口部のサイズを  $0.5 \text{ mm}$  としており、ガス噴出口 8 はガス噴出板 6 内に数十から数百個設けている。また、ガス流路 5 の一部であるガス溜り高さ  $K$  は  $20 \text{ mm}$ 、ガス噴出板 6 の厚さ  $L$  は  $0.75 \text{ mm}$ 、異形被処理物 11 - c における被処理面の最大高低差  $M$  は  $0.5 \text{ mm}$ 、ガス噴出面 7 と被処理面のなす距離  $N$  は  $0.5 \text{ mm}$  とし、異形被処理物 11 - c の外形は  $100 \text{ mm}$  とした。

40

【0177】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物 11 - c の被処理面全面でプラズマ 10 を生成することが可能となった。

【0178】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と  $90 \text{ mm}$  位置の外周部 8 点の計 9 点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

50

## 【 0 1 7 9 】

9点測定の前平均で、アッシングレートは $1.28 \mu\text{m}/\text{min}$ 、面内均一性は $\pm 2.9\%$ と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

## 【 0 1 8 0 】

以上、第10実施形態で示したように、本論の課題が改善された理由は、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）の大きい箇所でも十分なプラズマ密度を確保でき、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたからである。

## 【 0 1 8 1 】

ここで、大気圧近傍の圧力下で、かつ被処理面内において電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が異なる場合に、プラズマ密度の均一性が保たれない原因は次の2点であると考えられる。

## 【 0 1 8 2 】

1 パッシェンの法則で知られるように、電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほど放電開始電圧が高くなり、プラズマ密度が低下する。

## 【 0 1 8 3 】

2 電極間ギャップ（もしくは電極と被処理物間のギャップ）が大きいほどアーク放電に移行しやすく、均一なプラズマが生成し難い。

## 【 0 1 8 4 】

これらより、電極間ギャップの大きい箇所では大気圧下でも放電開始電圧が低く、他のガス種に比べてプラズマ密度を向上させやすい不活性ガスのガス密度を高くすることが必要となる。

## 【 0 1 8 5 】

したがって本実施形態のように、電極間ギャップの大きい箇所でガス噴出口の数を密にして、電極間ギャップの小さい箇所でガス噴出口の数を疎にすることにより、結果としてガス流量もしくは不活性ガス濃度を大きくすることができ、不活性ガス濃度の向上および電極表面の冷却に寄与し、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたと考えられる。

## 【 0 1 8 6 】

（実施の形態11）

以下、本発明の第11実施形態について、図12および図15を参照して説明する。

## 【 0 1 8 7 】

本発明の第11実施形態におけるプラズマ処理装置の構成は第10実施形態と同等のものであり、その断面図を図12に示す。また、図12における装置の説明は第10実施形態と同等であるため、ここでは省略する。

## 【 0 1 8 8 】

また、図15は第11実施形態でのガス噴出面7の平面の模式図を示したものであり、第10実施形態と異なり、Z方向の長さを小さくした長方形となっている。なお図12は、図中DDにおける断面図である。

## 【 0 1 8 9 】

この装置によるプラズマ処理の一例として、下部電極2上に異形被処理物11-cを載置し、全ての処理ガス供給装置4より $\text{He} = 1000 \text{ sccm}$ を供給し、高周波電源9より電力を $120 \text{ W}$ 供給することで、上部電極1と被処理物3の間にプラズマ10を生成した。次に、第10実施形態と同様にして検出器14をX方向走査しつつ、プラズマ10からの発光のうち $706 \text{ nm}$ の波長を検出し、検出時間に対する波長 $706 \text{ nm}$ の発光強度分布を描いた。さらに、発光強度分布をフラットにするように、ガス供給装置4から供給するガス流量を表8に示す値に再調節し（この時に $\text{He}$ ガスだけでなく、 $\text{O}_2$ ガスも供給し）、被処理面上にフォトリソ膜を塗布した異形被処理物11-cをプラズマ処理した。なお本発明では、上記のような発光強度の検出とガス流量の再調節を定期的に繰り返しつつ、プラズマ源を $10 \text{ mm}/\text{s}$ の速度でZ方向に移動することで、異形被処理物11

10

20

30

40

50

- cの全面をプラズマ処理した。

【0190】

【表8】

処理ガス供給装置	ガス流量 (sccm)		総ガス流量 (sccm)	He/ (O <sub>2</sub> +He)
	He	O <sub>2</sub>		
4-a	543.2	16.8	560	97%
4-b	485	15	500	97%
4-c	388	12	400	97%
4-d	388	12	400	97%
4-e	485	15	500	97%
4-f	543.2	16.8	560	97%

10

【0191】

なお、図12および図15では簡略化しているが、実際には、ガス噴出口8の開口部のサイズを0.5mmとしており、ガス噴出口8はガス噴出板6内に数十から数百個設けている。また、ガス流路5の一部であるガス溜り高さKは20mm、ガス噴出板6の厚さLは0.75mm、異形被処理物11-cにおける被処理面の最大高低差Mは0.5mm、ガス噴出面7と被処理面のなす距離Nは0.5mmとし、異形被処理物11-cの外形は100mmとした。

【0192】

上記のプラズマ処理方法および装置により、異形被処理物11-cの被処理面全面でプラズマ10を生成することが可能となった。

20

【0193】

処理速度と面内均一性を評価するために、被処理面の中央部と90mm位置の外周部8点の計9点において、フォトレジストのアッシングレートを測定した。

【0194】

9点測定の平均で、アッシングレートは1.33 $\mu$ m/min、面内均一性は $\pm$ 3.8%と非常に高速で均一性よくプラズマ処理することができた。

【0195】

また、プラズマ源を移動させつつプラズマ処理を実施しても、被処理物表面を均一にプラズマ処理することができた。

30

【0196】

以上、第11実施形態で示したように、本論の課題が改善された理由は、電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)の大きい箇所でも十分なプラズマ密度を確保でき、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたからである。

【0197】

ここで、大気圧近傍の圧力下で、かつ被処理面内において電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)が異なる場合に、プラズマ密度の均一性が保たれない原因は次の2点であると考えられる。

40

【0198】

1 パッシェンの法則で知られるように、電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)が大きいほど放電開始電圧が高くなり、プラズマ密度が低下する。

【0199】

2 電極間ギャップ(もしくは電極と被処理物間のギャップ)が大きいほどアーク放電に移行しやすく、均一なプラズマが生成し難い。

【0200】

これらより、電極間ギャップの大きい箇所では大気圧下でも放電開始電圧が低く、他のガス種に比べてプラズマ密度を向上させやすい不活性ガスのガス密度を高くすることが必要となる。

50

## 【0201】

したがって本実施形態のように、電極間ギャップの大きい箇所ではガス噴出口の数を密にして、電極間ギャップの小さい箇所ではガス噴出口の数を疎にすることにより、結果としてガス流量もしくは不活性ガス濃度を大きくすることができ、不活性ガス濃度の向上および電極表面の冷却に寄与し、平面でない被処理面全面にわたって、プラズマ密度が均一な状態でプラズマ処理を実施できたと考えられる。

## 【0202】

以上、本発明の実施形態において、被処理物として中央部にただ1つの極大もしくは極小を有する場合のみ例示したが、これに限らず、極大および極小部が中心から外れていても本実施形態と同等の効果を得ることができる。また、極大および極小部がただ1つである場合、簡単で安価な部材で装置を構成できる点で好ましいが、これに限らず、極大および極小部が複数ある場合においても本実施形態と同等の効果を得ることができる。さらに、被処理面が平面であっても本発明を用いることができる。この場合、被処理物面を所望の分布を持って不均一に処理することに格別の効果を奏する。

10

## 【0203】

また、本発明の実施形態において、不活性ガス濃度が95%以上の処理ガスの場合のみ例示したが、不活性ガスが少なすぎるとプラズマ密度の著しい低下を招くため、不活性ガス濃度は概ね50%以上がよい。また、不活性ガスが多すぎると化学反応性に乏しくなり処理速度が著しく低下するため、不活性ガス濃度は概ね99.9%以下がよい。

## 【0204】

本発明の実施形態において、ガス噴出口の開口断面積の大きさが $0.031\text{ mm}^2$ から $0.503\text{ mm}^2$ の範囲で例示したが、断面積が大きすぎると面内で流量差および濃度差を生成させることが困難になるため、開口断面積は概ね $4.000\text{ mm}^2$ 以下がよい。また、小さすぎると作製段階での加工が困難になるため、開口断面積は概ね $0.007\text{ mm}^2$ 以上がよい。

20

## 【0205】

また、本発明の実施形態において、ガス流路の長さが $1.0\text{ mm}$ から $3.0\text{ mm}$ の範囲で例示したが、長過ぎると面内で流量差および濃度差を生成させることが困難になるため、ガス流路長さは概ね $10.0\text{ mm}$ 以下がよい。また、小さすぎると作製段階での加工が困難になるため、ガス流路長さは概ね $0.5\text{ mm}$ 以上がよい。

30

## 【0206】

また、本発明の実施形態において、被処理面がフォトレジストの場合のみ例示したが、これに限らず、有機物を主成分とした物質の除去やクリーニング、シリコンやシリコン酸化物などの無機物や金属物質の加工、成膜および表面処理など、様々な被処理面へのプラズマ処理に対して本発明と同等の効果を得ることができる。

## 【0207】

また、本発明の実施形態において、被処理物として中央部にただ1つの極大もしくは極小を有する形状を例示したが、これは例えば、MgやAlからなる金属成形品、および樹脂や酸化物からなる光学成形品などの金型に対して格別の効果を奏する。また、部品を実装する前後のプリント基板、特にはんだ接合部の表面処理、あるいは、デジタルマイクロミラーデバイスやシリコンマイクといったMEMSデバイス、さらには、薄型プリント基板やディスプレイパネルのように比較的平面度の低い被処理物（反り、ねじれの大きい被処理物）などにも適用でき、本発明と同等の効果を得ることができる。

40

## 【0208】

なお、本発明の実施形態において、ガス噴出面と被処理面のなす距離（電極と被処理物間のギャップ）を $0.5\text{ mm}$ 以上の場合を例示したが、一般的に大気圧下で安定なプラズマを生成するためには、この距離は概ね $0.05\text{ mm}$ 以上 $5\text{ mm}$ 以下がよい。さらに、本発明の実施形態において、被処理面の高低差が $1.0\text{ mm}$ から $1.5\text{ mm}$ の範囲のみ例示したが、高低差が小さすぎると本発明を用いなくとも均一な処理が実現できるため、被処理面の高低差は概ね $0.3\text{ mm}$ 以上がよい。また大きすぎるとプラズマを安定に生成し難

50

くなるため、概ね 5 mm 以下がよい。

【0209】

なお、本発明の実施形態において、プラズマからの発光をモニタリングし、ガス流量を再調節して均一なプラズマを生成する際に、基板が凸型に反った被処理物のみについて例示したが、これに限らない。発光分光法などでプラズマ密度分布に相当する量をモニタリングすることと、ガス流量、流速および濃度を独立した複数ガスシステムで調節することにより、様々な形状の被処理物に対して、迅速に、均一なプラズマを生成することができ、本発明と同等の効果を得ることができる。

【0210】

なお、本発明の実施形態において、プラズマからの発光をモニタリングし、ガス流量を再調節して均一なプラズマを生成する際に、基板がガラスである場合についてのみ例示したが、これに限らない。例えば、波長 150 nm から 950 nm の間のいずれかの波長における光の透過率が 30% 以上であれば、本発明と同等の効果を得ることができる。なおこの場合、特定の波長しか透過しないような材料においても、その波長を放出しうるガスを選定し、不活性ガスに添加することでプラズマからの光として検出できる。

10

【0211】

なお、本発明の実施形態においてプラズマからの発光をモニタリングし、ガス流量を再調節して均一なプラズマを生成する際に、プラズマ源が平行平板電極による容量結合型の場合についてのみ例示したが、これに限らず他の方式のプラズマ源を用いてもよい。例えば、図 16 に示すような、コイル電極による誘導結合型においても、ノズルを複数用いて、且つ各々のノズルのガス流量、流速および濃度を独立に調節することにより、様々な形状の被処理物に対して、迅速に、均一なプラズマを生成することができ、本発明と同等の効果を得ることができる。

20

【産業上の利用可能性】

【0212】

本発明のプラズマ処理方法および装置は、平面でない被処理面に対して、全面を均一に一括処理することで処理時間を短縮でき、簡易的な構造あるいは汎用性の高い構造とすることで装置コストを低減できるプラズマ処理方法および装置を提供でき、プリント基板、電子部品、半導体、光学部品関連、ディスプレイ、とりわけ被処理面が平面でない被処理物に対して、被処理面を均一にエッチング、成膜および表面処理するといった用途にも適用できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0213】

【図 1】本発明の第 1 および第 3 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 2】本発明の第 2 および第 4 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 3】本発明の第 5 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 4】本発明の第 5 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面拡大図

【図 5】本発明の第 6 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 6】本発明の第 6 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面拡大図

【図 7】本発明の第 7 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

40

【図 8】本発明の第 8 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 9】本発明の第 9 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 10】本発明の第 9 実施形態におけるガス噴出面の模式図

【図 11】本発明の実施形態および従来例におけるガス噴出面の模式図

【図 12】本発明の第 10 実施形態におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 13】本発明の第 10 実施形態におけるガス噴出面の模式図

【図 14】本発明の第 10 実施形態における発光強度分布を示す図

【図 15】本発明の第 11 実施形態におけるガス噴出面の模式図

【図 16】誘導結合型プラズマ源におけるプラズマ処理装置の断面図

【図 17】第 1 の従来例におけるプラズマ処理装置の断面図

50

【図18】第2の従来例におけるプラズマ処理装置の断面図

【図19】第3の従来例におけるプラズマ処理装置の断面図

【図20】第4の従来例におけるプラズマ処理装置の断面図

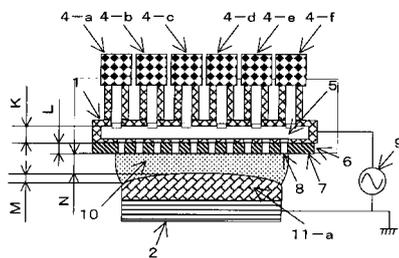
【符号の説明】

【0214】

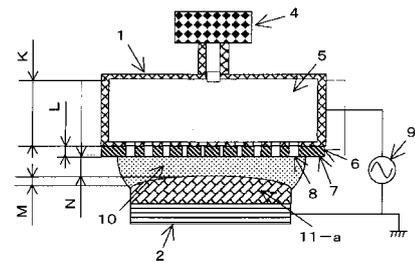
- 1 上部電極
- 2 下部電極
- 3 被処理物
- 4 処理ガス供給装置
- 5 ガス流路
- 6 ガス噴出板
- 7 ガス噴出面
- 8 ガス噴出口
- 9 高周波電源
- 10 プラズマ
- 11 異形被処理物
- 12 モーターユニット

【図1】

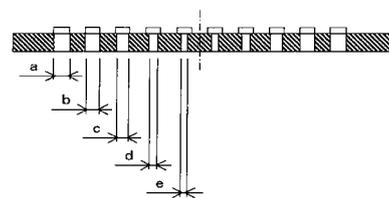
- 1 ... 上部電極
- 2 ... 下部電極
- 4 ... 処理ガス供給装置
- 5 ... ガス流路
- 6 ... ガス噴出板
- 7 ... ガス噴出面
- 8 ... ガス噴出口
- 9 ... 高周波電源
- 10 ... プラズマ
- 11 ... 異形被処理物



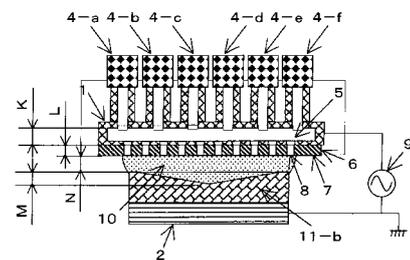
【図3】



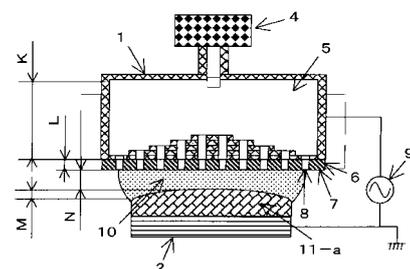
【図4】



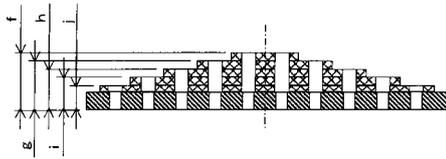
【図2】



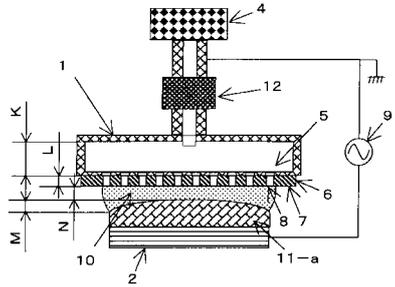
【図5】



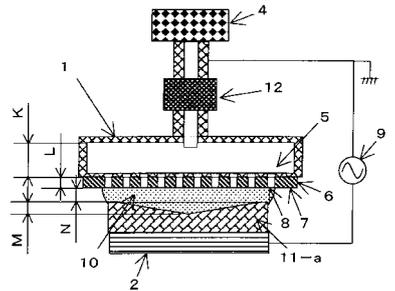
【図6】



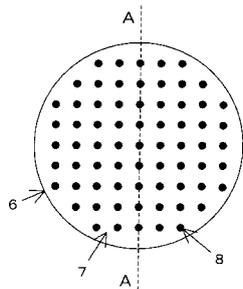
【図7】



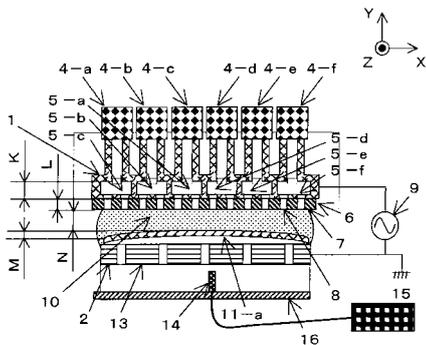
【図8】



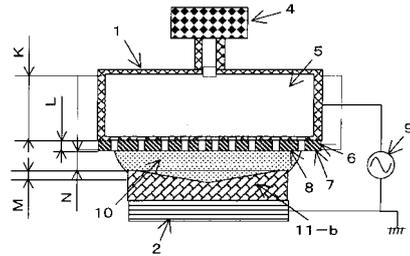
【図11】



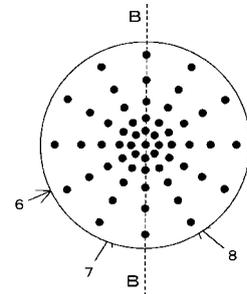
【図12】



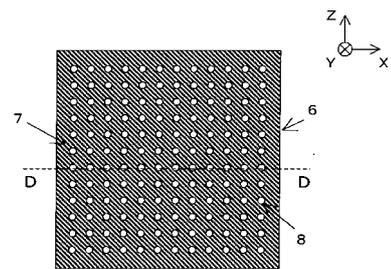
【図9】



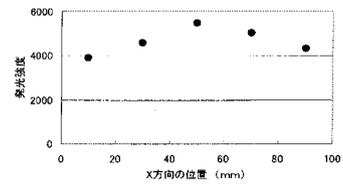
【図10】



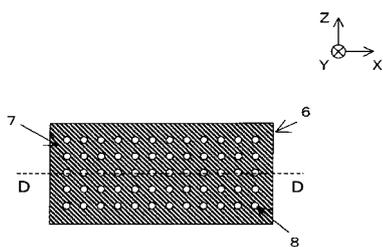
【図13】



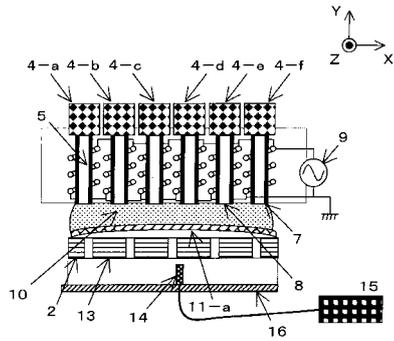
【図14】



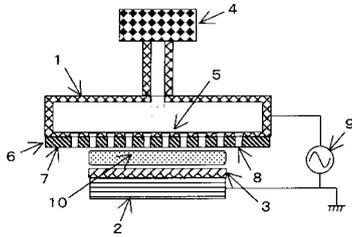
【図15】



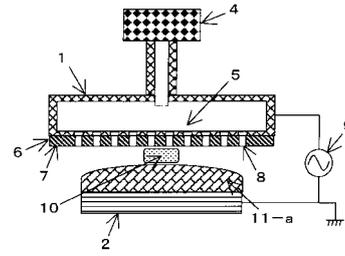
【 16 】



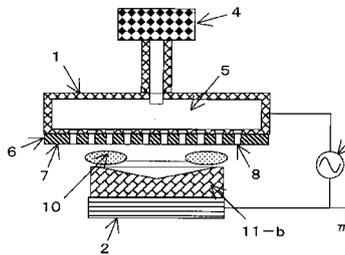
【 17 】



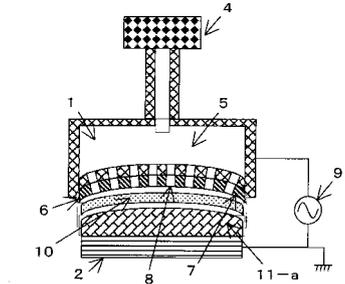
【 18 】



【 19 】



【 20 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 高木 清彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 山口 敦司

(56)参考文献 特開2005-002417(JP,A)  
特開2002-093768(JP,A)  
特開平10-189538(JP,A)  
特開平11-016888(JP,A)  
特開2005-174879(JP,A)  
特開平02-050969(JP,A)  
特開昭62-045029(JP,A)  
特開平02-198138(JP,A)  
特開平09-129615(JP,A)  
特開平10-064831(JP,A)  
特開2001-176851(JP,A)  
特開2002-038274(JP,A)  
特開平07-326491(JP,A)  
特開平01-189125(JP,A)  
特開平11-204444(JP,A)  
特開平06-204181(JP,A)  
特開2003-318118(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/24  
H01L 21/3065  
H05H 1/00  
H05H 1/46  
C23C 16/517  
C23F 4/00