

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 1 月 20 日(20.01.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/007663 A1

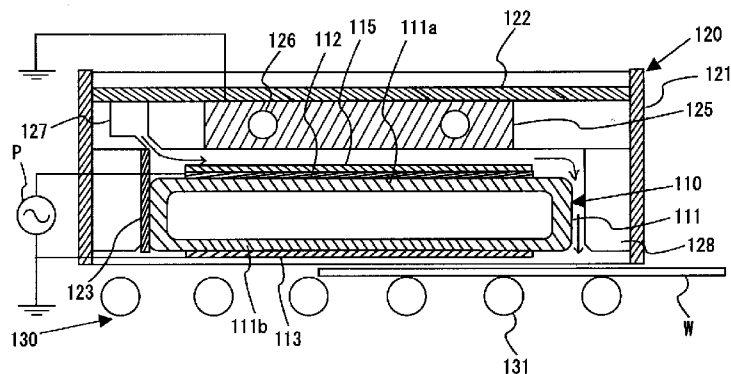
- (51) 国際特許分類:
H01J 65/00 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)
B01J 19/08 (2006.01) H05H 1/24 (2006.01)
B08B 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/061002
- (22) 国際出願日: 2010 年 6 月 29 日(29.06.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-168389 2009 年 7 月 17 日(17.07.2009) JP
特願 2009-184404 2009 年 8 月 7 日(07.08.2009) JP
特願 2009-184405 2009 年 8 月 7 日(07.08.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ウシオ電機株式会社 (USHIO DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008150 東京都千代田区大手町二丁目 6 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中村 雅規 (NAKAMURA Masaki) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土 1 1 9 4 番地、ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 奥村 寛 (OKUMURA Hiroshi) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土 1 1 9 4 番地、ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: IRRADIATION DEVICE

(54) 発明の名称: 照射装置

[図1]



(57) Abstract: Provided is an irradiation device which can obtain a high washing treatment capability, and can reliably remove organic compounds having a high chemical bond energy. The irradiation device is comprised of an excimer lamp (110) having a discharge container (111) and a pair of electrodes (112, 113), and a plasma discharge electrode (125) which is opposed to the electrode (112) via a dielectric body. A plasma generating circuit is formed via the electrode (112) and the plasma discharge electrode (125). An excimer discharge is generated within the discharge container (111) by a high frequency electric field applied to between the pair of electrodes (112, 113) in the excimer lamp (110), and a plasma discharge is generated by a high frequency electric field applied to between the electrode (112) and the plasma discharge electrode (125) while a reactive gas for generating plasma passes through between the excimer lamp (110) and the plasma discharge electrode (125).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2011/007663 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

高い洗浄処理能力を得ると共に、結合エネルギーが高い化学結合を有する有機化合物についても確実に除去することができる照射装置を提供する。放電容器(111)及び一対の電極(112、113)を有するエキシマランプ(110)と、一方の電極(112)に誘電体を介して対向するよう配置されたプラズマ放電用電極(125)とを備え、一方の電極(112)及びプラズマ放電用電極(125)を介してプラズマ発生回路が形成されてなり、エキシマランプ(110)における一対の電極間(112、113)に印加される高周波電界によって放電容器(111)内にエキシマ放電が発生されると共に、エキシマランプ(110)とプラズマ放電用電極(125)との間にプラズマ発生用反応性ガスが流過された状態で、一方の電極(112)とプラズマ放電用電極(125)との間に印加された高周波電界によってプラズマ放電が発生させる。

明 細 書

発明の名称：照射装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体素子や液晶基板の製造工程において、ウエハやガラス基板等の基板のドライ洗浄に好適に用いることができる照射装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子や液晶基板の製造工程においては、シリコンウエハやガラス基板等の基板の表面に付着した有機化合物等の除去処理が行われており、かかる有機化合物等の除去処理方法としては、水や有機溶剤等を使用しないドライ洗浄法が広く利用されている。

このようなドライ洗浄法としては、被処理体の表面に波長200nm以下の真空紫外線を照射することにより、該被処理体の表面に付着した有機化合物を分解すると共にオゾン等の活性酸素によって酸化して除去する光洗浄法（特許文献1参照。）や、大気圧近傍の圧力下において、窒素ガス等のプラズマ発生用反応性ガスを流過させながら高周波電界を印加することによってプラズマを発生させ、このプラズマによって被処理体の表面に付着した有機化合物を分解・酸化して除去するプラズマ洗浄法（特許文献2参照。）が知られている。

[0003] 光洗浄法としては、放電容器内に、例えば、キセノンが封入されたエキシマランプを備えた照射装置を用い、該照射装置からの紫外線が照射される照射領域を被処理体を通過させることにより、該被処理体の洗浄処理が行われる。

[0004] また、プラズマ洗浄法においては、プラズマは、大気圧下では一瞬にしてグロー放電からアーク放電に移行し、スパーク放電が発生しやすい。そのため、短パルスの電界を電極に印加して、グロー放電からアーク放電に移行する前に、強制的に電界を切替えて、アーク放電に移行しないようにし、グロー放電のまま維持させるようにしている。

[0005] しかしながら、従来の照射装置においては、以下のような問題がある。

液晶基板においては、サイズの大きい大型のものの開発が進み、このような液晶基板等の被処理体の大型化に伴い、被処理体の有機化合物等の除去処理を高い効率で行うために、被処理体の移動速度を上げることにより、処理速度を向上することが要請されている。しかしながら、従来の照射装置では、被処理体の処理速度が高い場合には、該被処理体に対する真空紫外線の照射時間が短くなるため、高い洗浄処理能力を得ることが困難である、という問題がある。

また、結合エネルギーが高い化学結合を有する有機化合物においては、該化学結合を真空紫外線のエネルギーでは切断することができないため、このような有機化合物について真空紫外線による光洗浄処理だけでは除去することが困難である、という問題がある。

[0006] また、プラズマ洗浄法において使用する、短パルスの電界を生成するパルス電源は高価であるため、装置全体の価格が上昇してしまうという問題がある。また、短パルス電界を印加する場合は、処理物であるガラス基板との走行位置とのタイミングを図る複雑な制御が必要となることや、急峻な電界が発生することからノイズの問題も生じる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2006-134983号公報

特許文献2：特開2002-151480号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明の目的は、以上のような事情に鑑み、高い洗浄処理能力を得ることができ、しかも、結合エネルギーが高い化学結合を有する有機化合物についても確実に除去することができる照射装置を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、グロー放電からアーク放電への移行を防止す

ることができ、かつ、パルス電源を使うことの種々の問題を解決できる新しい大気圧プラズマ発生装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本願第 1 の発明は、放電容器及び一対の電極を有するエキシマランプと、該エキシマランプにおける一方の電極に誘電体を介して対向するよう配置されたプラズマ放電用電極とを備え、前記エキシマランプにおける前記一方の電極及び前記プラズマ放電用電極を介してプラズマ発生回路が形成されてなり、前記エキシマランプにおける一対の電極間に印加される高周波電界によって前記放電容器内にエキシマ放電が発生されると共に、前記エキシマランプと前記プラズマ放電用電極との間にプラズマ発生用反応性ガスが流過された状態で、前記エキシマランプにおける前記一方の電極と前記プラズマ放電用電極との間に印加された高周波電界によってプラズマ放電が発生されることを特徴とする照射装置である。

本願第 2 の発明は、第 1 の発明において、前記誘電体の表面に、電界集中用凸部が形成されていることを特徴とする照射装置である。

本願第 3 の発明は、第 1 又は第 2 の発明において、前記プラズマ放電用電極の表面に、電界集中用凸部が形成されていることを特徴とする照射装置である。

本願第 4 の発明は、第 1 の発明乃至第 3 の発明のいずれか 1 つの発明において、前記エキシマランプが配置されるランプハウスを備えてなり、該ランプハウスに前記プラズマ放電用電極が一体に設けられていることを特徴とする照射装置である。

本願第 5 の発明は、第 1 の発明乃至第 4 の発明のいずれか 1 つの発明において、エキシマ放電のための高周波電源によって前記プラズマ放電が発生されることを特徴とする照射装置である。

本願第 6 の発明は、交流電界が供給される一対の電極に挟まれる空間に、大気圧下に反応性ガスが流過されている反応性ガス層と放電容器の内部に不活性ガスが封入された不活性ガス層とが、前記電極に対して並行で連続する

ように配置されてなり、前記電極間で発生する放電が反応性ガス層におけるプラズマ放電と不活性ガス層におけるエキシマ放電とを介して発生することを特徴とする照射装置である。

本願第 7 の発明は、第 6 の発明において、前記放電容器に一方の電極が取り付けられ、該放電容器が内部に配置されるランプハウスに他方の電極が取り付けられ、ランプハウスと放電容器との間に反応性ガス層が形成されていることを特徴とする照射装置である。

本願第 8 の発明は、第 7 の発明において、前記一方の電極は放電容器の側面に伸びる一方の側面電極を有し、該一方の側面電極に対向する位置に前記他方の電極と同電位になるように電力が供給されている他方の側面電極が取り付けられ、前記一方の側面電極と前記他方の側面電極との間に誘電体を有することを特徴とする照射装置である。

本願第 9 の発明は、第 6 の発明において、前記一方の電極よりも大きい面積を有する誘電体を放電容器との間に配置し、前記誘電体の被処理体に対向する面に一方の電極が取り付けられていることを特徴とする照射装置である。

本願第 10 の発明は、不活性ガスが封入された不活性ガス層が形成された放電容器の内部に配置された内部電極と、前記放電容器の外部に大気圧下に反応性ガスが流過された反応性ガス層を挟んで配置された外部電極との間に交流電界が供給され、前記外部電極と前記内部電極との間で発生する放電が、反応性ガス層におけるプラズマ放電と不活性ガス層におけるエキシマ放電とを介して発生することを特徴とする照射装置である。

本願第 11 の発明は、第 10 の発明において、前記内部電極に高電圧が供給されることを特徴とする照射装置である。

発明の効果

[0010] 本願第 1 ～ 5 の発明に係る照射装置によれば、被処理体に対して、エキシマランプからの紫外線による洗浄処理及びエキシマランプとプラズマ放電用電極との間に発生したプラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるの

で、被処理体に対して高い洗浄処理能力が得られ、紫外線による洗浄処理のみでは除去することが困難な結合エネルギーが高い化学結合を有する有機化合物についても、プラズマによる洗浄処理によって酸化されるため、確実に除去することができる。

また、本願第 6 及び第 7 の発明に係る照射装置によれば、一対の電極で発生する放電が反応性ガス層と不活性ガス層とを介して生じるようにすることによって、反応性ガス層の放電を持続させずに停止できるので、正弦波交流電圧を供給してもプラズマ放電のアーク放電への移行を防止でき、プラズマ放電を安定に維持することができる。また、被処理体に対して、エキシマランプからの紫外線による洗浄処理およびエキシマランプと電極との間に発生したプラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるので、被処理体に対して高い洗浄処理能力が得られる。

また、本願第 8 の発明に係る照射装置によれば、ランプハウスと放電容器との間に反応性ガス層が形成されているため、放電容器の側面に伸びる一方の側面電極と、電極と同電位になるように電力が供給されている他方の側面電極との間でプラズマ放電が発生する。そのため、プラズマをより多く含むガスを被処理体 W に照射でき、被処理体 W の表面に付着した有機化合物がより効率よく分解・酸化される。

また、本願第 9 の発明に係る照射装置によれば、電極よりも大きい面積を有する誘電体を放電容器との間に配置し、誘電体の被処理体に対向する面に電極が取り付けることによって、電極同士がエキシマランプの放電容器の側面を放電が走り、沿面でアークショートしないようにすることができる。

また、本願第 10 の発明に係る照射装置によれば、一対の電極で発生する放電が反応性ガス層と不活性ガス層とを介して生じるようにすることによって、反応性ガス層の放電を持続させずに停止できるので、正弦波交流電圧を供給してもプラズマ放電のアーク放電への移行を防止でき、プラズマ放電を安定に維持することができる。また、被処理体に対して、エキシマランプからの紫外線による洗浄処理およびエキシマランプと電極との間に発生したプ

ラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるので、被処理体に対して高い洗浄処理能力が得られる。

また、本願第 11 の発明に係る照射装置によれば、内側電極は放電容器の内部の閉じられた空間内にあるので、内側電極を高圧側とすることによって、容易に絶縁を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1] 第 1 の実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。
- [図2] 図 1 におけるプラズマ放電用誘電体膜の変形例を示す断面図である。
- [図3] 図 1 におけるプラズマ放電用電極の変形例を示す断面図である。
- [図4] 第 1 の実施形態に係る照射装置の一部を変更した照射装置の構成を示す断面図である。
- [図5] 図 4 におけるランプハウスの上板の形状を示す断面図である。
- [図6] 第 1 の実施形態に係る照射装置の一部を変更した他の照射装置の構成を示す断面図である。
- [図7] 第 1 の実施形態に係る照射装置の一部を変更した他の照射装置の構成を示す断面図である。
- [図8] 第 2 の実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。
- [図9] 図 8 におけるプラズマ放電用電極の設置位置を変更した照射装置の構成を示す断面図である。
- [図10] 図 8 におけるエキシマ放電用電極を誘電体を介して設置した照射装置の構成を示す断面図である。
- [図11] 第 3 の実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。
- [図12] 図 11 における放電容器の下側半分に外部電極を取り付けた照射装置の構成を示す断面図である。
- [図13] 図 11 における放電容器の全周を覆う網状電極を取り付けた照射装置の構成を示す断面図である。
- [図14] 第 4 の実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。
- [図15] 第 5 の実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

[図16] 第6の実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本発明の第1の実施形態を図1～図7を用いて説明する。

図1は、本実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、この照射装置は、例えば、液晶基板等の被処理体の表面をドライ洗浄処理するために用いられるものであって、波長200nm以下の真空紫外線を放射するエキシマランプ110を有し、このエキシマランプ110は、下面が開口された矩形の箱型のランプハウス120内に配置されている。また、エキシマランプ110の下方には、被処理体Wを水平方向に搬送して移動させる搬送機構130が設けられている。この搬送機構130は、複数の搬送コロ131が被処理体の搬送方向に沿って並ぶよう配置されて構成されている。

[0013] エキシマランプ110は、エキシマ用ガスが気密に封入された矩形の箱型の放電容器111を有する。この放電容器111における上部側部分111aの外面（図1において上面）には、膜状の一方の電極112が設けられ、放電容器111における下部側部分111bの外面（図1において下面）には、網状の他方の電極113が設けられており、一方の電極112及び他方の電極113の各々は、高周波電源Pに接続されている。図示の例では、一方の電極112が高圧側電極とされ、他方の電極113が接地側電極とされている。

[0014] 放電容器111を構成する材料としては、真空紫外線を良好に透過するもの、具体的には、合成石英ガラス等のシリカガラス、サファイアガラス等を用いることができる。一方の電極112及び他方の電極113を構成する材料としては、アルミニウム、ニッケル、金等の金属材料を用いることができる。また、一方の電極112及び他方の電極113は、前記の金属材料を含む導電性ペーストをスクリーン印刷することにより、又は前記の金属材料を真空蒸着することにより、形成することができる。放電容器111内に封入されるエキシマ用ガスとしては、真空紫外線を放射するエキシマを生成し得

るもの、具体的には、キセノン、アルゴン、クリプトン等の希ガス、又は、希ガスと、臭素、塩素、ヨウ素、フッ素等のハロゲンガスとを混合した混合ガス等を用いることができる。また、エキシマ用ガスの封入圧は、例えば、 $10 \sim 80 \text{ kPa}$ である。

[0015] エキシマランプ 110 における一方の電極 112 には、一方の電極 112 を覆うようにプラズマ放電用誘電体膜 115 が形成されている。プラズマ放電用誘電体膜 115 を構成する材料としては、アルミナ (Al_2O_3)、シリカ (SiO_2) 等の誘電体材料を用いることができる。また、プラズマ放電用誘電体膜 115 は、一方の電極 112 の表面に前記の誘電体材料を溶射又は溶着することにより形成することができる。

[0016] 放電容器 111 における上部側部分 111a 及び下部側部分 111b の各々の厚みは、 $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ であることが好ましい。また、放電容器 111 内における放電容器 111 における上部側部分 111a 及び下部側部分 111b との距離（放電ギャップ）は、 $0.05 \sim 5 \text{ mm}$ であることが好ましい。また、プラズマ放電用誘電体膜 115 の厚みは、 $0.01 \sim 4 \text{ mm}$ であることが好ましい。この厚みが過小である場合には、プラズマ放電用誘電体膜 115 とプラズマ放電用電極 125 との間にアーク放電が生じやすくなる。一方、この厚みが過大である場合には、プラズマ放電用誘電体膜 115 とプラズマ放電用電極 125 との間にプラズマ放電を発生させることが困難となる。

[0017] ランプハウス 120 は、側壁を形成する矩形の筒状の側壁部材 121 と、側壁部材 121 の上部の開口を塞ぐ上板 122 とにより構成されている。上板 122 の内面には、例えば、アルミニウムよりなる直方体状のプラズマ放電用電極 125 が上板 122 に一体に設けられている。このプラズマ放電用電極 125 には、それぞれ水平方向（図 1 において紙面に垂直な方向）に貫通して伸びる複数の冷却水管 126 が設けられている。エキシマランプ 110 が、一方の電極 112 にプラズマ放電用誘電体膜 115 を介してプラズマ放電用電極 125 が対向するよう、ランプハウス 120 内に固定板 123 に

よって固定配置されると共に、プラズマ放電用電極 1 2 5 が接地されることにより、エキシマランプ 1 1 0 における一方の電極 1 1 2 及びプラズマ放電用電極 1 2 5 を介してプラズマ発生回路が形成される。図示の例では、エキシマランプ 1 1 0 におけるエキシマ放電のための高周波電源 P によってプラズマ放電が発生される構成、すなわち、エキシマ放電及びプラズマ放電の両方が共通の高周波電源 P によって行われる構成となっている。また、上板 1 2 2 の内面におけるプラズマ放電用電極 1 2 5 に隣接する位置には、エキシマランプ 1 1 0 における一方の電極 1 1 2 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間にプラズマ発生用反応性ガスを供給するためのマニホールド 1 2 7 が設けられ、エキシマランプ 1 1 0 の側方位置には、一方の電極 1 1 2 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間を流過したガスを下方に案内する案内部材 1 2 8 が設けられている。

[0018] プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との離間距離は、1 ~ 10 mm であることが好ましい。この離間距離が過小である場合には、プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間にプラズマ発生用反応性ガスを流過させることが困難となることがある。一方、この離間距離が過大である場合には、エキシマランプ 1 1 0 における一方の電極 1 1 2 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間に、プラズマ放電が発生させることが困難となることがある。

[0019] 当該照射装置においては、プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間に、大気圧又はその近傍の圧力下において、マニホールド 1 2 7 からプラズマ発生用反応性ガスが供給されて流過される。プラズマ発生用反応性ガスとしては、窒素ガス (N_2)、アルゴンガス (Ar)、炭酸ガス (CO_2)、ヘリウムガス (He) 等を主成分とし、酸素ガスが 1 ~ 2 体積% 含有してなるものを用いることが好ましい。また、プラズマ発生用反応性ガスの単位長さ当りの流量は、1 m 当り 0.5 ~ 4 m^3 / s であることが好ましい。

[0020] エキシマランプ 1 1 0 における一方の電極 1 1 2 と他方の電極 1 1 3 との

間には、一方の電極 1 1 2 を高圧側電極とし、他方の電極 1 1 3 を接地側電極として、高周波電源 P によって高周波電界が印加され、この高周波電界によって、エキシマランプ 1 1 0 における放電容器 1 1 1 内においてエキシマ放電が発生し、このエキシマ放電によってエキシマ用ガスに由来するエキシマ分子が形成され、これにより、真空紫外線が放射される。一方、エキシマランプ 1 1 0 における一方の電極 1 1 2 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間には、一方の電極 1 1 2 を高圧側電極とし、プラズマ放電用電極 1 2 5 を接地側電極として、大気圧又はその近傍の圧力下において、高周波電源 P によって高周波電界が印加され、この高周波電界によって、プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間にプラズマ放電（グロー放電）が発生し、このプラズマ放電によってプラズマ発生用反応性ガスが電離または励起されてプラズマが生成される。

[0021] 以上において、高周波電源 P から供給される電力は、その周波数が 1 0 ~ 1 0 0 k H z の高周波であることが好ましく、その電圧は 1 k V r m s ~ 数 1 0 k V r m s の高電圧であることが好ましい。これにより、プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間の放電状態が、グロー放電からアーク放電に移行することがなく、プラズマ放電を安定に維持することができる。また、エキシマ放電及びプラズマ放電の開始電圧は、放電空間の圧力、放電ギャップの大きさ、ガスの種類等によって定まるが、プラズマ放電の開始電圧がエキシマ放電の開始電圧が高く、プラズマ放電がエキシマ放電より例えば数マイクロ秒間遅延して発生するよう設定されることが好ましい。このような条件が満足されることにより、エキシマ放電による真空紫外線が放射されることによって光電子が生ずるため、プラズマ放電を容易にかつ安定に発生させることができる。

[0022] エキシマランプ 1 1 0 の下方において、搬送機構 1 3 0 によって水平方向に移動する被処理体 W の表面に、エキシマランプ 1 1 0 から放射された真空紫外線が照射されると共に、真空紫外線によって発生したオゾン等の活性酸素が被処理体 W の表面に接触することにより、被処理体 W の表面に付着した

有機化合物が分解・酸化される。更に、プラズマ放電用誘電体膜 115 とプラズマ放電用電極 125 との間で生成したプラズマを含むガスが、エキシマランプ 110 の側面と案内部材 128 によって下方に導かれ、搬送機構 130 によって水平方向に移動する被処理体 W の表面に接触することにより、被処理体 W の表面に付着した有機化合物が分解・酸化される。ここで、有機化合物中における C-C 結合、C-H 結合、C=C 結合等の化学結合は、結合エネルギーが比較的に低いため、真空紫外線のエネルギーによって切断することができ、更に、真空紫外線によって発生した活性酸素と反応することによって酸化してガス化することができる。一方、C=O 結合等の化学結合は、結合エネルギーが高いため、真空紫外線のエネルギーによって切断することができないが、プラズマ放電によって発生した酸素ラジカル等によって酸化してガス化することができる。このようにして、被処理体 W について、真空紫外線による洗浄処理及びプラズマによる洗浄処理が行われる。

[0023] 当該照射装置によれば、被処理体 W に対して、エキシマランプ 110 からの真空紫外線による洗浄処理、及びエキシマランプ 110 における一方の電極 112 とプラズマ放電用電極 125 との間に発生したプラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるので、被処理体 W に対して高い洗浄処理能力が得られる。また、真空紫外線による洗浄処理のみでは除去することが困難な結合エネルギーが高い化学結合を有する有機化合物についても、プラズマによる洗浄処理によって酸化されてガス化されるため、確実に除去することができる。

[0024] 本実施形態に係る照射装置においては、図 1 に示した構成に限定されず、下記 (1) ~ (6) に説明するように、種々の変更を加えることが可能である。

[0025] (1) 図 2 に示すように、プラズマ放電用誘電体膜 115 の表面に、多数の電界集中用凸部 115a を形成することができる。また、図 3 に示すように、プラズマ放電用電極 125 の表面に多数の電界集中用凸部 125a を形成することができる。このような照射装置においては、プラズマ放電用誘電体

膜 1 1 5 の電界集中用凸部 1 1 5 a とプラズマ放電用電極 1 2 5 とが、又はプラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 の電界集中用凸部 1 2 5 a とが離間していても接触していてもよく、その離間距離が 2 mm 以下であることが好ましい。また、プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 の電界集中用凸部 1 1 5 a 又はプラズマ放電用電極 1 2 5 の電界集中用凸部 1 2 5 a の突出高さは、それぞれ 3 ~ 10 mm であることが好ましい。

このような構成によれば、プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 の電界集中用凸部 1 1 5 a とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間、又はプラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 の電界集中用凸部 1 2 5 a との間に高周波電界が集中して発生し、沿面放電及び平等電界型放電が複合した放電状態が得られるため、プラズマ放電のための始動開始電圧を低くすることができ、また、作動中に放電容器 1 1 1 の熱膨張が生じることによりプラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との距離が変化した場合にも、プラズマ放電を安定に維持することができる。

[0026] (2) 専用のプラズマ放電用電極を設けずに、ランプハウスの一部、例えば、図 4 に示すように、ランプハウス 1 2 0 における上板 1 2 2 をプラズマ放電用電極 1 2 5 として利用することができ、このような構成においては、図 5 に示すように、上板 1 2 2 を蛇腹状に形成することにより、電界集中用凸部 1 2 5 a を形成することができる。

[0027] (3) 図 6 に示すように、プラズマ放電用誘電体膜 1 1 5 は、プラズマ放電用電極 1 2 5 の表面に形成されていてもよい。

[0028] (4) 図 7 に示すように、エキシマランプ 1 1 0 における一方の電極 1 1 2 は、放電容器 1 1 1 の内部に配置されていてもよい。このような構成においては、エキシマランプ 1 1 0 における放電容器 1 1 1 の上部側部分 1 1 1 a をプラズマ放電用の誘電体として利用することができる。

このような構成によれば、一方の電極 1 1 2 と放電容器 1 1 1 における下部側部分 1 1 1 b との間にエキシマ放電が発生すると共に、一方の電極 1 1 2 と放電容器 1 1 1 における上部側部分 1 1 1 a との間にエキシマ放電が発

生する。従って、一方の電極 1 1 2 とプラズマ放電用電極 1 2 5 との間には、エキシマ放電およびプラズマ放電の両方が発生した状態となるため、放電状態の制御が容易となる。

[0029] (5) 図 1 に示す照射装置においては、エキシマ放電およびプラズマ放電の両方が共通の高周波電源 P によって行う構成とされているが、プラズマ放電のための高周波電源が、エキシマランプ 1 1 0 におけるエキシマ放電のための高周波電源と別個に設けられた構成であってもよい。

[0030] (6) 図 1 に示す照射装置においては、エキシマランプ 1 1 0 における一方の電極 1 1 2 が高圧側電極とされ、プラズマ放電用電極 1 2 5 が接地側電極とされているが、プラズマ放電用電極 1 2 5 が高圧側電極とされた構成であってもよい。

[0031] 次に、本発明の第 2 の実施形態を図 8 ～図 10 を用いて説明する。

図 8 は、第 2 の実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、ランプハウス 2 2 0 の内部に、エキシマランプ 2 1 0 が配置され、エキシマランプ 2 1 0 の下方に被処理体 W を水平方向に搬送して移動させる搬送機構 2 3 0 が設けられている。ランプハウス 2 2 0 は、側壁を形成する側壁部材 2 2 1 a、2 2 1 b が向かい合うように配置され、側壁部材 2 2 1 a、2 2 1 b の上部の開口を塞ぐように天板 2 2 2 が形成されている。ランプハウス 2 2 0 を、側壁部材 2 2 1 a、2 2 1 b と天板 2 2 2 とに分けて構成することにより、天板 2 2 2 を開閉式にしてランプハウス 2 2 0 内部に配置されるエキシマランプ 2 1 0 を交換できるようにしている。搬送機構 2 3 0 は、複数の搬送コロ 2 3 1 が被処理体 W の搬送方向に沿って並ぶよう配置されて構成されている。

[0032] ランプハウス 2 2 0 の天板 2 2 2 の内面には、例えば、アルミニウムよりなる直方体状のプラズマ放電用電極 2 2 5 が設けられている。プラズマ放電用電極 2 2 5 の内部に、エキシマランプ 2 1 0 の長手方向に沿って水平に伸びる冷却水管 2 2 6 が複数設けられている。一方の側壁部材 2 2 1 a とプラズマ放電用電極 2 2 5 との間に、エキシマランプ 2 1 0 とプラズマ放電用電

極 2 2 5 との間に反応性ガスを供給するためのマニホールド 2 2 7 が設けられている。反応性ガスとしては、窒素ガス (N_2)、アルゴンガス (Ar)、炭酸ガス (CO_2)、ヘリウムガス (He) 等を主成分とし、酸素ガスが 1 ~ 2 体積% 含有してなるものを用いることが好ましい。また、単位長さ当りの流量が、1 m 当り 0.5 ~ 4 m^3/s となるように流過させている。

[0033] 反応性ガスが、大気圧またはその近傍の圧力下において、マニホールド 2 2 7 からプラズマ放電用電極 2 2 5 とエキシマランプ 2 1 0 との間を流れ、他方の側壁部材 2 2 1 b との隙間からエキシマランプ 2 1 0 の下方の被処理体 W に向かって流すことによって、発生したプラズマが被処理体 W に照射されるようにしている。反応性ガスが一方の側壁部材 2 2 1 a に沿って流出しないように、エキシマランプ 2 1 0 の側面に接触するように固定板 2 2 3 が配置されている。また、他方の側壁部材 2 2 1 b との間にはエキシマランプ 2 1 0 の側面との間に反応性ガスが流過する隙間を挟んで案内部材 2 2 8 が配置されている。

[0034] エキシマランプ 2 1 0 は、合成石英ガラス等のシリカガラス、サファイア等の真空紫外線を良好に透過する断面矩形状で中空長尺の放電容器 2 1 1 の内部に、希ガス、又は、希ガスとハロゲンガスを混合した混合ガスよりなる不活性ガスが、例えば、10 ~ 80 kPa で気密に封入されている。放電容器 2 1 1 の被処理体 W に対向する下面 2 1 1 b の外面に、網状のエキシマ放電用電極 2 1 3 が設けられている。エキシマ放電用電極 2 1 3 は、アルミニウム、ニッケル、金等の金属材料よりなり、これらの金属材料を含む導電性ペーストをスクリーン印刷することや、金属材料を真空蒸着することにより形成される。

[0035] プラズマ放電用電極 2 2 5 及びエキシマ放電用電極 2 1 3 は、正弦波交流電圧を供給する高周波電源 P に接続されている。高周波電源 P から供給される電力は、例えば、周波数が 10 ~ 100 kHz であり、電圧が 1 kV rms ~ 数 10 kV rms である。プラズマ放電用電極 2 2 5 とエキシマ放電用電極 2 1 3 との間に、放電容器 2 1 1 の内部に不活性ガスが封入された不活

性ガス層 2 1 4 と、大気圧下に反応性ガスが流過する反応性ガス層 2 2 4 とが連続して挟まれるように配置されている。このため、プラズマ放電用電極 2 2 5 とエキシマ放電用電極 2 1 3 との放電は、エキシマランプ 2 1 0 の上面 2 1 1 a を介してプラズマ放電とエキシマ放電とを経ることになる。

[0036] 不活性ガス層 2 1 4 でエキシマ放電が発生してエキシマ分子が形成され、真空紫外線が放射される。また、反応性ガス層 2 2 4 にかかる高周波電界によってプラズマ放電が発生し、反応性ガス 2 2 4 が電離または励起されてプラズマが生成される。そして、搬送機構 2 3 0 によって水平方向に移動する被処理体 W の表面に、エキシマランプ 2 1 0 から放射された真空紫外線が照射されると共に、真空紫外線によって発生したオゾン等の活性酸素が被処理体 W の表面に接触することにより、被処理体 W の表面に付着した有機化合物が分解・酸化される。更に、プラズマを含むガスが、エキシマランプ 2 1 0 の側面と案内部材 2 2 8 によって下方に導かれ、被処理体 W の表面に接触することにより、被処理体 W の表面に付着した有機化合物が分解・酸化される。被処理体 W に対して、エキシマランプ 2 1 0 からの真空紫外線による洗浄処理、及びプラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるので、被処理体 W に対して高い洗浄処理能力が得られる。

[0037] エキシマ放電及びプラズマ放電の開始電圧は、放電空間の圧力、放電ギャップの大きさ、ガスの種類等によって定まるが、プラズマ放電の開始電圧の方がエキシマ放電の開始電圧よりも高く、プラズマ放電がエキシマ放電より、例えば、数マイクロ秒間遅延して発生するよう設定されることが好ましい。このような条件が満たすように、反応性ガス層 2 2 4 と不活性ガス層 2 1 4 の放電ギャップの大きさや、不活性ガス層 2 1 4 のガス圧が設定される。例えば、反応性ガス層 2 2 4 の放電ギャップの大きさとなるエキシマランプ 2 1 0 とプラズマ放電用電極 2 2 5 との離間距離を 1 ～ 10 mm とし、不活性ガス層 2 1 4 の放電ギャップとなる放電容器 2 1 1 の上面 2 1 1 a と下面 2 1 1 b との距離を 0.05 ～ 5 mm とする。

[0038] プラズマ放電用電極 2 2 5 を高電圧発生側として正弦波交流電圧を供給し

た場合について説明する。エキシマ放電用電極 213 に印加された高電圧により、エキシマランプ 210 の下面 211b に電荷が充電され、蓄えられた電荷による電圧がエキシマ放電の開始電圧に達すると、不活性ガス層 214 でエキシマ放電が発生する。さらに、不活性ガス層 214 でのエキシマ放電により、エキシマランプ 210 の上面 211a に電荷がさらに充電され、プラズマ放電の放電開始電圧に達すると、反応性ガス層 224 でプラズマ放電が発生する。しかしながら、不活性ガス層 214 では、エキシマ放電によりエキシマランプ 210 の上面 211a と下面 211b との間の電圧が低下するため、放電が維持することなく停止する。さらに、エキシマ放電の停止により、反応性ガス層 224 への電流が制限されてプラズマ放電も停止する。印加される高圧電圧をさらに上昇させていくと、上記状態が最大電圧に到達するまで繰り返し発生して放電する。反応性ガス層 224 の放電を持続させずに停止できるので、アーク放電への移行を防止できる。プラズマ放電用電極 225 の極性が反転することによって、上記放電が再び生じる。

[0039] プラズマ放電用電極 225 とエキシマ放電用電極 213 との間に挟まれる空間に、反応性ガス層 224 と不活性ガス層 214 とが電極 213、225 に対して並ぶよう配置することによって、一对の電極 225、213 で発生する放電が反応性ガス層 224 と不活性ガス層 214 とを介して生じるようにしている。このような構成にすることによって、反応性ガス層 224 の放電を持続させずに停止できるので、正弦波交流電圧を供給してもプラズマ放電のアーク放電への移行を防止でき、プラズマ放電を安定に維持することができる。

[0040] 図 9 は、第 2 の実施形態に係る照射装置において、プラズマ放電用電極 225 の設置位置を変更した照射装置の構成を示す断面図である。

図 8 において、プラズマ放電用電極 225 をランプハウス 220 の内部に配置して、プラズマ放電用電極 225 に高電圧を供給する場合、ランプハウス 220 やその他の部材と絶縁をとることが困難となる場合がある。そのような問題を回避するため、図 9 に示すように、ランプハウス 220 の天板 2

２２とは別体に、天板２２２から吊り下げようにしてプラズマ放電用電極２２５を配置している。このような構成にすることによって、プラズマ放電用電極２２５の絶縁がとりやすくなる。

[0041] 図１０は、第２の実施形態に係る照射装置において、エキシマ放電用電極２１３を誘電体２１５を介して設置した照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、エキシマ放電用電極２１３を放電容器２１１に直接に取り付けるのではなく、エキシマ放電用電極２１３より大きい面積を有する誘電体２１５を放電容器２１１との間に配置し、誘電体２１５の被処理体Ｗに対向する面にエキシマ放電用電極２１３が取り付けられている。このように誘電体２１５を介することによって、エキシマ放電用電極２１３とプラズマ放電用電極２２５とが、エキシマランプ２１０の放電容器２１１の側面を放電が走り、沿面でアークショートしないようにすることができる。

[0042] 誘電体２１５とエキシマランプ２１０との間にも反応性ガスを流過させることによって、プラズマ放電用電極２２５とエキシマ放電用電極２１３との間で発生する放電は、誘電体とエキシマランプ２１０との間で生じるプラズマ放電が加わり、プラズマ放電が生じる反応性ガス層２２４に挟まれて、エキシマ放電が生じる不活性ガス層２１４が存在することになる。

[0043] 次に、本発明の第３の実施形態を図１１～図１３を用いて説明する。

図１１は、本実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、エキシマランプ２４０は、外側管２４３と内側管２４２とが同軸上に配置された二重管構造の放電容器２４１を有し、外側管２４３と内側管２４２に囲まれる空間に不活性ガスが封入されて構成されている。エキシマランプ２４０の上方にアルミニウムよりなる樋状の反射鏡２５１が配置されている。エキシマランプ２４０と反射鏡２５１の間には、反応性ガスが大気圧下において流過され、漏れ出たガスが被処理体に向かって流れ出るようになっている。

[0044] エキシマランプ２４０の内側管２４２の内周面に、円筒状の金属部材より

なる内側電極 2 4 4 が形成されており、反射鏡 2 5 1 を他方の電極として、正弦波交流電圧を供給する高周波電源 P が接続されている。内側電極 2 4 4 は内側管 2 4 2 の内側の閉じられた空間内にあるので、内側電極 2 4 4 を高圧側とし、反射鏡 2 5 1 を低圧側とすることによって、容易に絶縁を図ることができる。

[0045] 内側電極 2 4 4 の上半分側は、反射鏡 2 5 1 との間に、放電容器 2 4 1 の内部に不活性ガスが封入された不活性ガス層 2 4 5 と、大気圧下に反応性ガスが流過する反応性ガス層 2 5 2 とが連続して挟まれるように配置されている。このような構成にすることによって、反応性ガス層 2 5 2 の放電を持続させずに停止できるので、正弦波交流電圧を供給してもプラズマ放電のアーカ放電への移行を防止でき、プラズマ放電を安定に維持することができる。また、被処理体に対して、エキシマランプ 2 4 0 からの真空紫外線による洗浄処理、及びプラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるので、被処理体に対して高い洗浄処理能力が得られる。

[0046] 図 1 2 は、第 3 の実施形態に係る照射装置において、放電容器 2 4 1 の下側半分に外部電極 2 4 6 が取り付けられた照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、エキシマランプ 2 4 0 の放電容器 2 4 1 の外側管 2 4 3 の下側半分に外部電極 2 4 6 を取り付け、外部電極 2 4 6 にアースをとっている。放電容器 2 4 1 の下側半分に封入されている不活性ガスに、内側電極 2 4 4 と外側電極 2 4 6 に挟まれて高電圧がかけられ、エキシマ放電する。図 1 1 に示した照射装置では、内側電極 2 4 4 の上半分側しか放電に寄与しなかったが、図 1 2 に示した照射装置においては、外側管 2 4 3 の下側半分に外部電極 2 4 6 を取り付けることによって、内側電極 2 4 4 の下半分側も放電に寄与するようにでき、被処理体に対して洗浄処理能力を高めることができる。

[0047] 図 1 3 は、第 3 の実施形態に係る照射装置において、反射鏡 2 5 1 ではなく、放電容器 2 4 1 の全周を覆う網状電極 2 4 7 が取り付けられた照射装置

の構成を示す断面図である。

同図に示すように、放電容器 241 の周囲を、反応性ガス層 252 を介して全周を覆うように網状電極 247 が取り付けられている。内側電極 244 の全周に対して、不活性ガス層 245 と反応性ガス層 252 とを介して網状電極 247 が挟むように形成されている。このような網状電極 247 を構成することによって、内側電極 244 を取り囲む全ての領域でエキシマ放電とプラズマ放電とを発生させることができる。

[0048] 次に、本発明の第 4 の実施形態を図 14 を用いて説明する。

図 14 は、本実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、この照射装置は、反応性ガスをエキシマランプ 210 の下方の被処理体 W に向かって流れるように案内する案内部材 228 に側面電極 229 が取り付けられ、プラズマ放電用電極 225 と同電位になるように電力が供給されている。案内部材 228 の表面に、アルミナ (Al_2O_3)、シリカ (SiO_2) 等の誘電体材料よりなる誘電体 219 が形成されている。放電容器 211 の下面 211b に形成されたエキシマ放電用電極 213 は、案内部材 228 に向かい合う側面 212 まで伸びるように形成されている。

[0049] エキシマランプ 210 と案内部材 228 の間には反応性ガスが流過しているので、側面 212 まで伸びたエキシマ放電用電極 213 と誘電体 219 を介して対向する側面電極 229 との間で、プラズマ放電が発生する。反応性ガスが被処理体 W の表面に接触する直前でプラズマ放電を発生させることによって、プラズマをより多く含むガスを被処理体 W に照射でき、被処理体 W の表面に付着した有機化合物がより効率よく分解・酸化される。

[0050] 次に、本発明の第 5 の実施形態を図 15 を用いて説明する。

図 15 は、本実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、この照射装置は、ランプハウス 320 の内部に、エキシマランプ 310 が配置され、エキシマランプ 310 の下方に被処理体 W を水平方向に搬送して移動させる搬送機構 330 が設けられている。ランプハ

ウス３２０は、側壁を形成する側壁部材３２１ａ、３２１ｂが向かい合うように配置され、側壁部材３２１ａ、３２１ｂの上部の開口を塞ぐように天板３２２が形成されている。ランプハウス３２０を、側壁部材３２１ａ、３２１ｂと天板３２２とに分けて構成することにより、天板３２２を開閉式にしてランプハウス３２０内部に配置されるエキシマランプ３１０を交換できるようにしている。搬送機構３３０は、複数の搬送コロ３３１が被処理体Ｗの搬送方向に沿って並ぶよう配置されて構成されている。

[0051] ランプハウス３２０の天板３２２の内面には、例えば、アルミニウムよりなる直方体状の外側電極３２５が設けられている。外側電極３２５の内部に、エキシマランプ３１０の長手方向に沿って水平に伸びる冷却水管３２６が複数設けられている。一方の側壁部材３２１ａと外側電極３２５との間にマニホールド３２７が設けられ、エキシマランプ３１０と外側電極３２５との間に反応性ガスを供給している。反応性ガスとしては、窒素ガス（ N_2 ）、アルゴンガス（ Ar ）、炭酸ガス（ CO_2 ）、ヘリウムガス（ He ）等を主成分とし、酸素ガスが１～２体積％含有してなるものを用いることが好ましい。また、単位長さ当りの流量が、１ｍ当たり０．５～４ m^3/s となるように流過させている。

[0052] 反応性ガスが、大気圧又はその近傍の圧力下において、マニホールド３２７から外側電極３２５とエキシマランプ３１０との間を流れ、他方の側壁部材３２１ｂとの隙間からエキシマランプ３１０の下方の被処理体Ｗに向かって流すことによって、発生したプラズマが被処理体Ｗに照射されるようにしている。反応性ガスが一方の側壁部材３２１ａに沿って流出しないように、エキシマランプ３１０の側面に接触するように固定板３２３が配置されている。また、他方の側壁部材３２１ｂとの間にはエキシマランプ３１０の側面との間に反応性ガスが流過する隙間を挟んで案内部材３２８が配置されている。

[0053] エキシマランプ３１０は、合成石英ガラス等のシリカガラス、サファイア等の真空紫外線を良好に透過する断面矩形状で中空長尺の放電容器３１１の

内部に、希ガス、又は、希ガスとハロゲンガスとを混合した混合ガスよりなる不活性ガスが、例えば、 $10 \sim 80 \text{ kPa}$ で気密に封入されている。放電容器311の内部に内側電極313が設けられている。内側電極313は、アルミニウム、ニッケル、金等の金属材料よりなり、放電容器311の内部で支持することや、放電容器311の内面に導電性ペーストをスクリーン印刷すること等により形成される。

[0054] 外側電極325および内側電極313は、正弦波交流電圧を供給する高周波電源Pに接続されている。高周波電源Pから供給される電力は、例えば、周波数が $10 \sim 100 \text{ kHz}$ であり、電圧が $1 \text{ kV rms} \sim$ 数 10 kV rms である。外側電極325と内側電極313との間に、放電容器311の内部に不活性ガスが封入された不活性ガス層314と、大気圧下に反応性ガスが流過する反応性ガス層324とが連続して挟まれるように配置されている。このため、外側電極325と内側電極313との放電は、エキシマランプ310の上面311aを介してプラズマ放電とエキシマ放電とを経ることになる。

[0055] 内側電極313と放電容器311の上面311aに挟まれる不活性ガス層314でエキシマ放電が発生してエキシマ分子が形成され、真空紫外線が放射される。また、反応性ガス層324にかかる高周波電界によってプラズマ放電が発生し、反応性ガス324が電離または励起されてプラズマが生成される。そして、搬送機構330によって水平方向に移動する被処理体Wの表面に、エキシマランプ310から放射された真空紫外線が照射されると共に、真空紫外線によって発生したオゾン等の活性酸素が被処理体Wの表面に接触することにより、被処理体Wの表面に付着した有機化合物が分解・酸化される。更に、プラズマを含むガスが、エキシマランプ310の側面と案内部材328によって下方に導かれ、被処理体Wの表面に接触することにより、被処理体Wの表面に付着した有機化合物が分解・酸化される。被処理体Wに対して、エキシマランプ310からの真空紫外線による洗浄処理、及びプラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるので、被処理体Wに対して高

い洗浄処理能力が得られる。

[0056] エキシマ放電およびプラズマ放電の開始電圧は、放電空間の圧力、放電ギャップの大きさ、ガスの種類等によって定まるが、プラズマ放電の開始電圧の方がエキシマ放電の開始電圧よりも高く、プラズマ放電がエキシマ放電より、例えば、数マイクロ秒間遅延して発生するよう設定されることが好ましい。このような条件が満たすように、反応性ガス層 3 2 4 と不活性ガス層 3 1 4 の放電ギャップの大きさや、不活性ガス層 3 1 4 のガス圧が設定される。例えば、反応性ガス層 3 2 4 の放電ギャップの大きさとなるエキシマランプ 3 1 0 と外側電極 3 2 5 との離間距離を 1 ～ 10 mm とし、不活性ガス層 3 1 4 の放電ギャップとなる放電容器 3 1 1 の上面 3 1 1 a と内側電極 3 1 3 との距離を 0.05 ～ 5 mm とする。

[0057] 内側電極 3 1 3 を高電圧発生側として正弦波交流電圧を供給した場合について説明する。内側電極 3 1 3 に印加された高電圧により電荷が蓄えられ、電圧がエキシマ放電の開始電圧に達すると、不活性ガス層 3 1 4 でエキシマ放電が発生する。不活性ガス層 3 1 4 でのエキシマ放電により、エキシマランプ 3 1 0 の上面 3 1 1 a に電荷がさらに充電され、プラズマ放電の放電開始電圧に達すると、反応性ガス層 3 2 4 でプラズマ放電が発生する。しかしながら、不活性ガス層 3 1 4 では、エキシマ放電により内側電極 3 1 3 とエキシマランプ 3 1 0 の下面 3 1 1 b との間の電圧が低下するため、放電が維持することなく停止する。さらに、エキシマ放電の停止により、反応性ガス層 3 2 4 への電流が制限されてプラズマ放電も停止する。印加される高電圧をさらに上昇させていくと、上記状態が最大電圧に到達するまで繰り返し発生して放電する。反応性ガス層 3 2 4 の放電を持続させずに停止できるので、アーク放電への移行を防止できる。プラズマ放電用電極 3 2 5 の極性が反転することによって、上記放電が再び生じる。

[0058] 外側電極 3 2 5 と内側電極 3 1 3 との間に挟まれる空間に、反応性ガス層 3 2 4 と不活性ガス層 3 1 4 とが内側電極 3 1 3 と外側電極 3 2 5 に対して並ぶよう配置することによって、内側電極 3 1 3 と外側電極 3 2 5 との間で

発生する放電が反応性ガス層 3 2 4 と不活性ガス層 3 1 4 とを介して生じるようにしている。このような構成にすることによって、反応性ガス層 3 2 4 の放電を持続させずに停止できるので、正弦波交流電圧を供給してもプラズマ放電のアーク放電への移行を防止でき、プラズマ放電を安定に維持することができる。

[0059] また、内側電極 3 1 3 は放電容器 3 1 1 の内部の閉じられた空間内にあるので、内側電極 3 1 3 を高圧側とすることによって、ランプハウス 3 2 0 や被処理体 W との絶縁を容易に図ることができる。

[0060] 次に、本発明の第 6 の実施形態を図 1 6 を用いて説明する。

図 1 6 は、本実施形態に係る照射装置の構成を示す断面図である。

同図に示すように、この照射装置は、エキシマランプ 3 4 0 が、不活性ガスが封入された円筒状の放電容器 3 4 1 の内部に、円筒状の内側電極 3 4 2 が配置されている。エキシマランプ 3 4 0 の上方にアルミニウムよりなる桶状の反射鏡 3 5 1 が配置されている。放電容器 3 4 1 と反射鏡 3 5 1 との間には、反応性ガスが大気圧下において流過され、漏れ出たガスが被処理体に向かって流れ出るようになっている。

[0061] 放電容器 3 4 1 の内部に配置された内側電極 3 4 2 は、反射鏡 3 5 1 を他方の電極として対をなし、正弦波交流電圧を供給する高周波電源 P が接続されている。内側電極 3 4 2 は放電容器 3 4 1 の内部の閉じられた空間内にあるので、内側電極 3 4 2 を高圧側とし、反射鏡 3 5 1 を低圧側とすることによって、容易に絶縁を図ることができる。

[0062] 内側電極 3 4 2 の上半分側は、反射鏡 3 5 1 との間に、放電容器 3 4 1 の内部に不活性ガスが封入された不活性ガス層 3 4 3 と、大気圧下に反応性ガスが流過する反応性ガス層 3 5 2 とが連続して挟まれるように配置されている。このような構成にすることによって、反応性ガス層 3 5 2 の放電を持続させずに停止できるので、正弦波交流電圧を供給してもプラズマ放電のアーク放電への移行を防止でき、プラズマ放電を安定に維持することができる。また、被処理体に対して、エキシマランプ 3 4 0 からの真空紫外線による洗

浄処理、及びプラズマによる洗浄処理の両方を行うことができるので、被処理体に対して高い洗浄処理能力が得られる。

産業上の利用可能性

[0063] 本発明の照射装置は、半導体素子や液晶基板の製造工程において、ウエハやガラス基板等の基板のドライ洗浄に好適に用いることができる。

符号の説明

- [0064] 110 エキシマランプ
111 放電容器
111a 上部側部分
111b 下部側部分
112 一方の電極
113 他方の電極
115 プラズマ放電用誘電体膜
115a 電界集中用凸部
120 ランプハウス
121 側壁部材
122 上板
123 固定板
125 プラズマ放電用電極
125a 電界集中用凸部
126 冷却水管
127 マニホールド
128 案内部材
130 搬送機構
131 搬送コロ
210 エキシマランプ
211 放電容器
212 側面

- 2 1 3 エキシマ放電用電極
- 2 1 4 不活性ガス層
- 2 1 5 誘電体
- 2 1 9 誘電体
- 2 2 0 ランプハウス
- 2 2 1 側壁部材
- 2 2 2 天板
- 2 2 3 固定板
- 2 2 4 反応性ガス層
- 2 2 5 プラズマ放電用電極
- 2 2 6 冷却水管
- 2 2 7 マニホールド
- 2 2 8 案内部材
- 2 2 9 側面電極
- 2 3 0 搬送機構
- 2 3 1 搬送コロ
- 2 4 0 エキシマランプ
- 2 4 1 放電容器
- 2 4 2 内側管
- 2 4 3 外側管
- 2 4 4 内側電極
- 2 4 5 不活性ガス層
- 2 4 6 外部電極
- 2 4 7 網状電極
- 2 5 1 反射鏡
- 2 5 2 反応性ガス層
- 3 1 0 エキシマランプ
- 3 1 1 放電容器

- 3 1 3 内側電極
- 3 1 4 不活性ガス層
- 3 2 0 ランプハウス
- 3 2 1 側壁部材
- 3 2 2 天板
- 3 2 3 固定板
- 3 2 4 反応性ガス層
- 3 2 5 外側電極
- 3 2 6 冷却水管
- 3 2 7 マニホールド
- 3 2 8 案内部材
- 3 3 0 搬送機構
- 3 3 1 搬送コロ
- 3 4 0 エキシマランプ
- 3 4 1 放電容器
- 3 4 2 内側電極
- 3 4 3 不活性ガス層
- 3 5 1 反射鏡
- 3 5 2 反応性ガス層
- P 高周波電源
- W 被処理体

請求の範囲

- [請求項1] 放電容器及び一対の電極を有するエキシマランプと、該エキシマランプにおける一方の電極に誘電体を介して対向するよう配置されたプラズマ放電用電極とを備え、前記エキシマランプにおける前記一方の電極及び前記プラズマ放電用電極を介してプラズマ発生回路が形成されてなり、前記エキシマランプにおける一対の電極間に印加される高周波電界によって前記放電容器内にエキシマ放電が発生されると共に、前記エキシマランプと前記プラズマ放電用電極との間にプラズマ発生用反応性ガスが流過された状態で、前記エキシマランプにおける前記一方の電極と前記プラズマ放電用電極との間に印加された高周波電界によってプラズマ放電が発生されることを特徴とする照射装置。
- [請求項2] 前記誘電体の表面に、電界集中用凸部が形成されていることを特徴とする請求項1記載の照射装置。
- [請求項3] 前記プラズマ放電用電極の表面に、電界集中用凸部が形成されていることを特徴とする請求項1記載の照射装置。
- [請求項4] 前記エキシマランプが配置されるランプハウスを備えてなり、該ランプハウスに前記プラズマ放電用電極が一体に設けられていることを特徴とする請求項1記載の照射装置。
- [請求項5] エキシマ放電のための高周波電源によって前記プラズマ放電が発生されることを特徴とする請求項1記載の照射装置。
- [請求項6] 交流電界が供給される一対の電極に挟まれる空間に、大気圧下に反応性ガスが流過されている反応性ガス層と放電容器の内部に不活性ガスが封入された不活性ガス層とが、前記電極に対して並行で連続するように配置されてなり、前記電極間で発生する放電が反応性ガス層におけるプラズマ放電と不活性ガス層におけるエキシマ放電とを介して発生することを特徴とする照射装置。
- [請求項7] 前記放電容器に一方の電極が取り付けられ、該放電容器が内部に配置されるランプハウスに他方の電極が取り付けられ、ランプハウスと

放電容器との間に反応性ガス層が形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の照射装置。

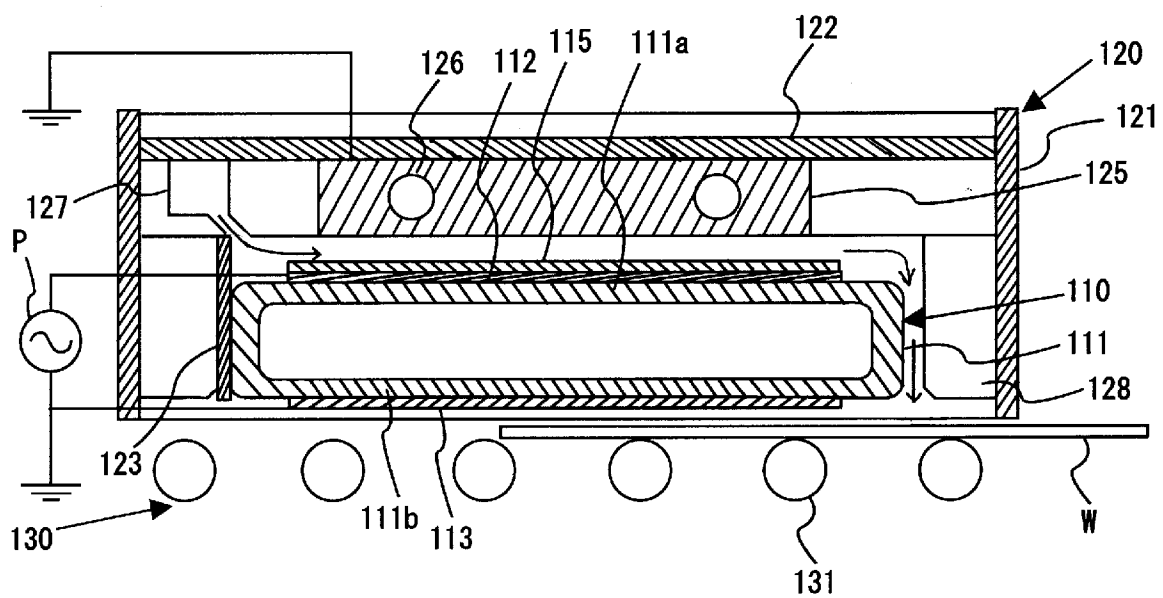
[請求項 8] 前記一方の電極は放電容器の側面に伸びる一方の側面電極を有し、該一方の側面電極に対向する位置に前記他方の電極と同電位になるように電力が供給されている他方の側面電極が取り付けられ、前記一方の側面電極と前記他方の側面電極との間に誘電体を有することを特徴とする請求項 7 記載の照射装置。

[請求項 9] 前記一方の電極よりも大きい面積を有する誘電体を放電容器との間に配置し、前記誘電体の被処理体に対向する面に一方の電極が取り付けられていることを特徴とする請求項 6 記載の照射装置。

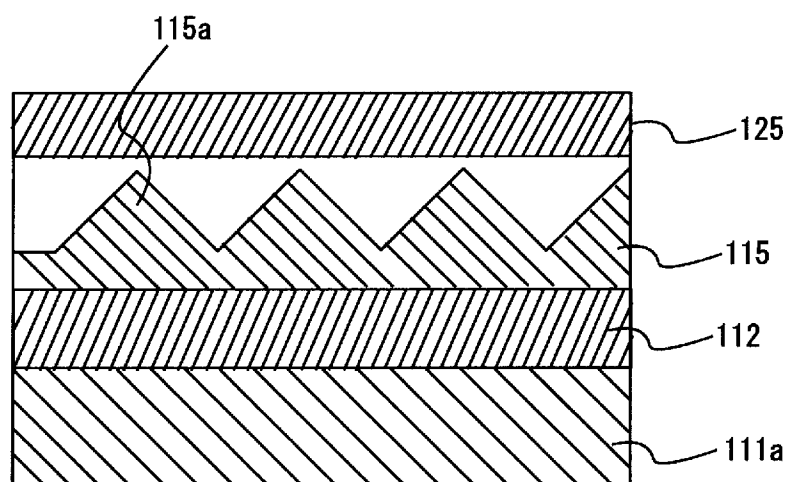
[請求項 10] 不活性ガスが封入された不活性ガス層が形成された放電容器の内部に配置された内部電極と、前記放電容器の外部に大気圧下に反応性ガスが流過された反応性ガス層を挟んで配置された外部電極との間に交流電界が供給され、前記外部電極と前記内部電極との間で発生する放電が、反応性ガス層におけるプラズマ放電と不活性ガス層におけるエキシマ放電とを介して発生することを特徴とする照射装置。

[請求項 11] 前記内部電極に高電圧が供給されることを特徴とする請求項 10 記載の照射装置。

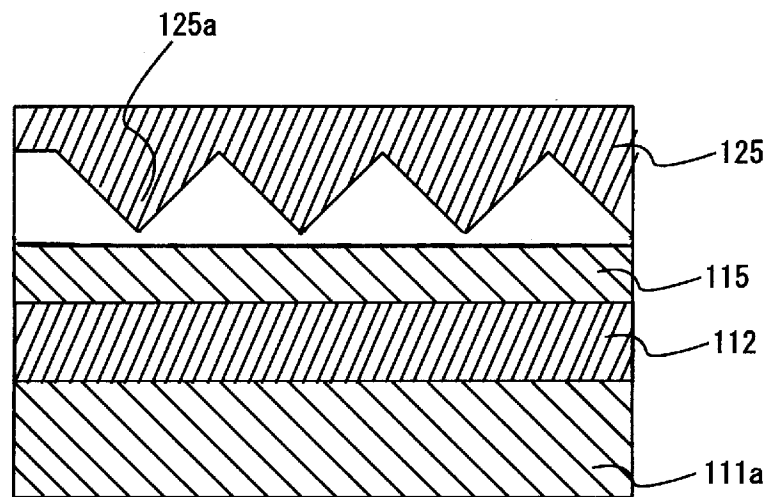
[図1]



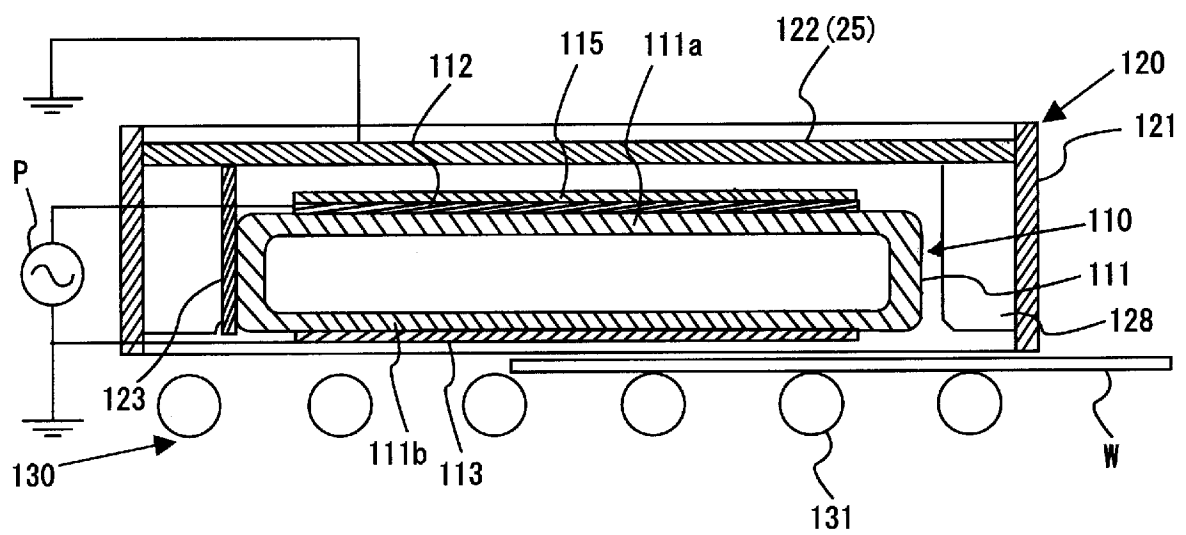
[図2]



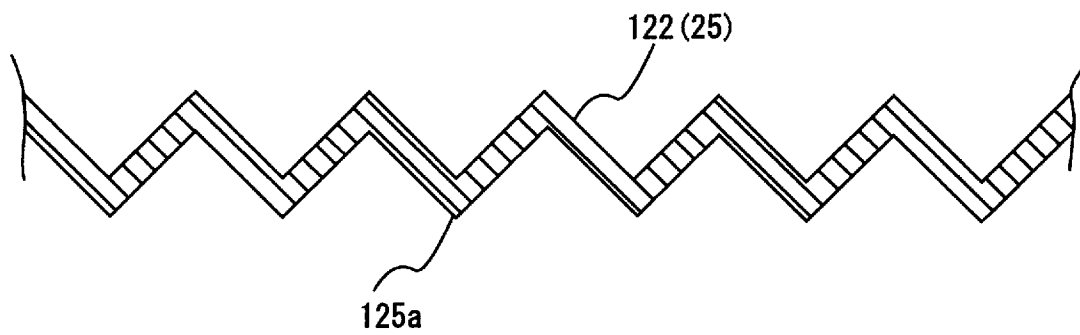
[図3]



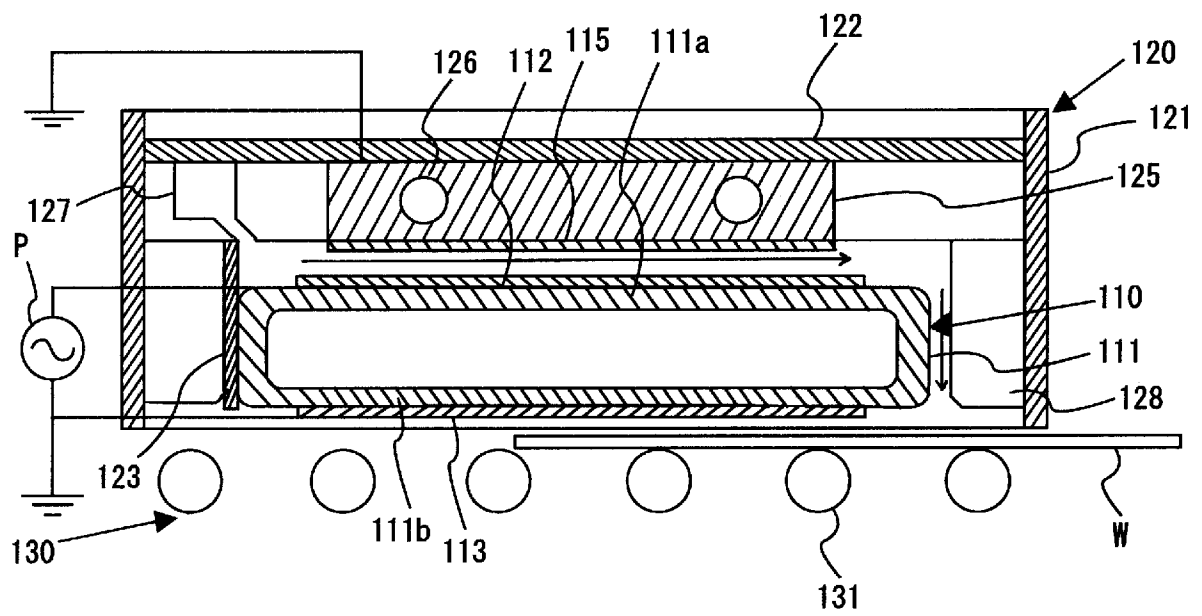
[図4]



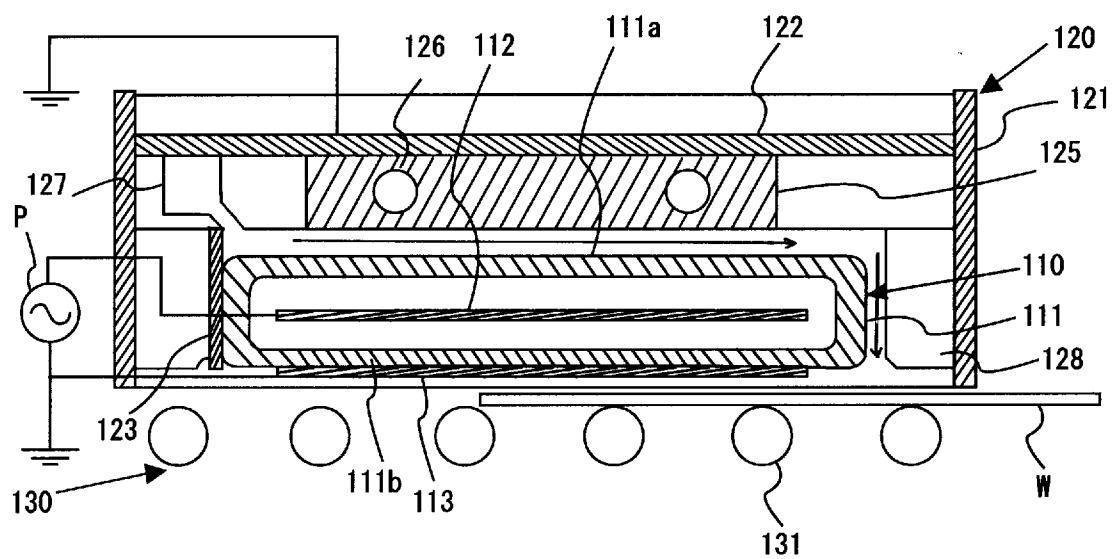
[図5]



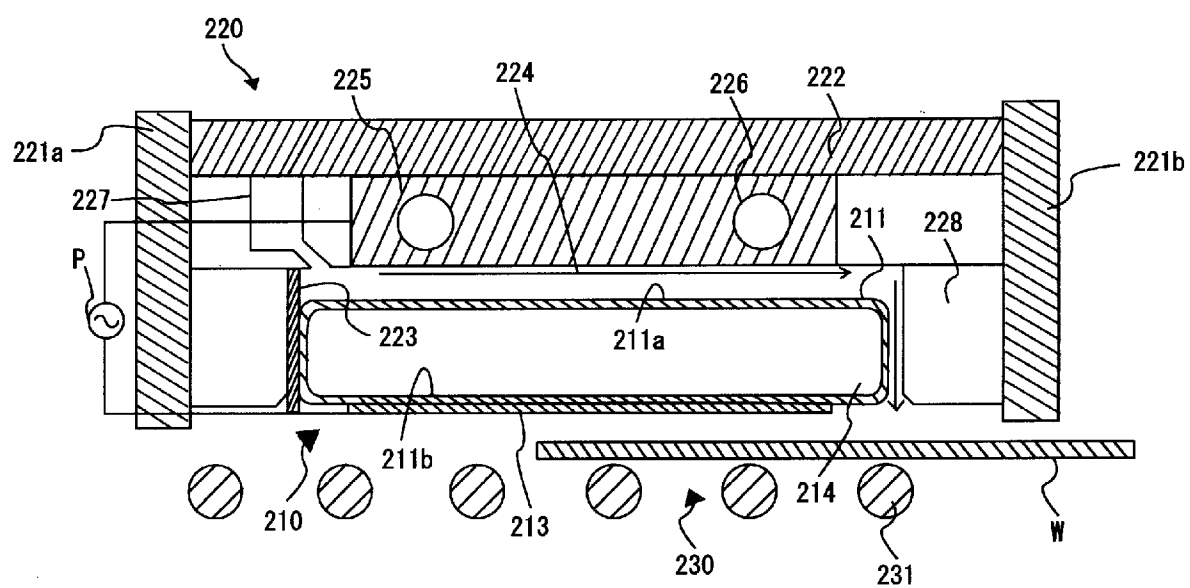
[図6]



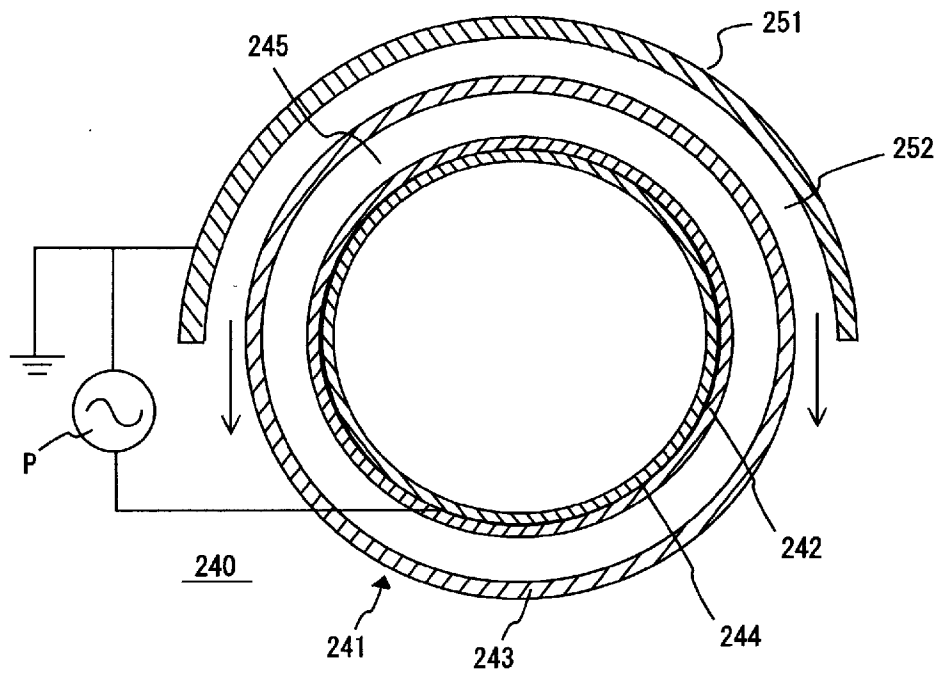
[図7]



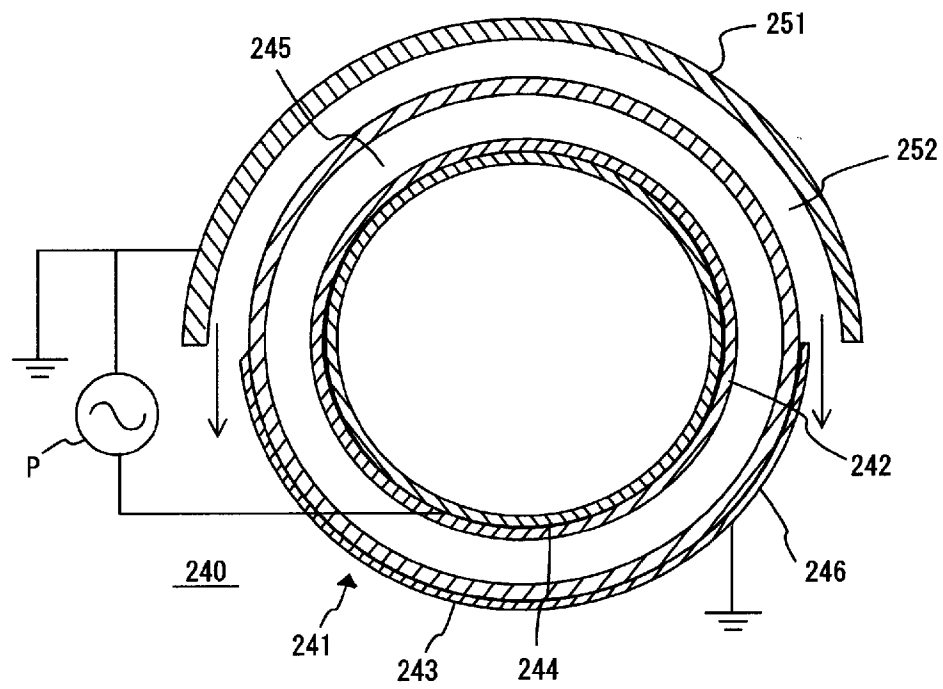
[図8]



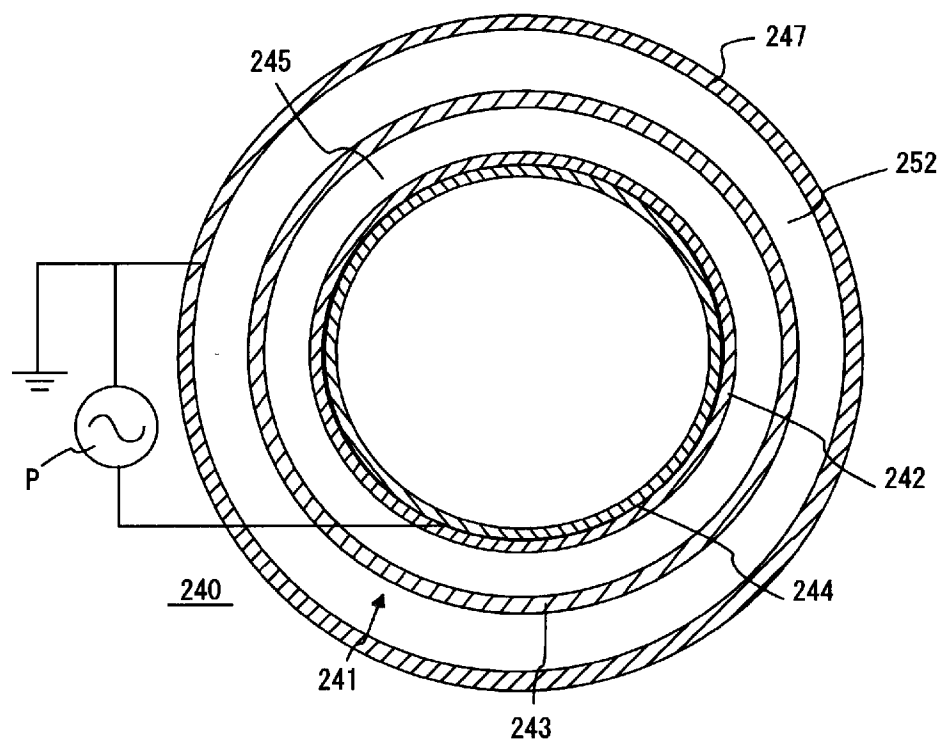
[図11]



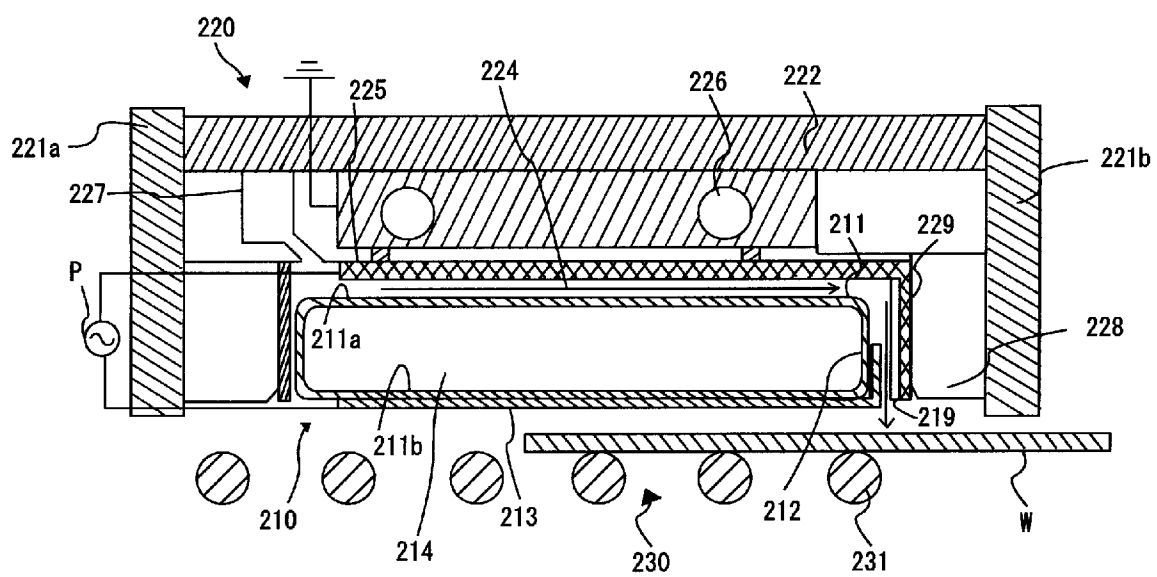
[図12]



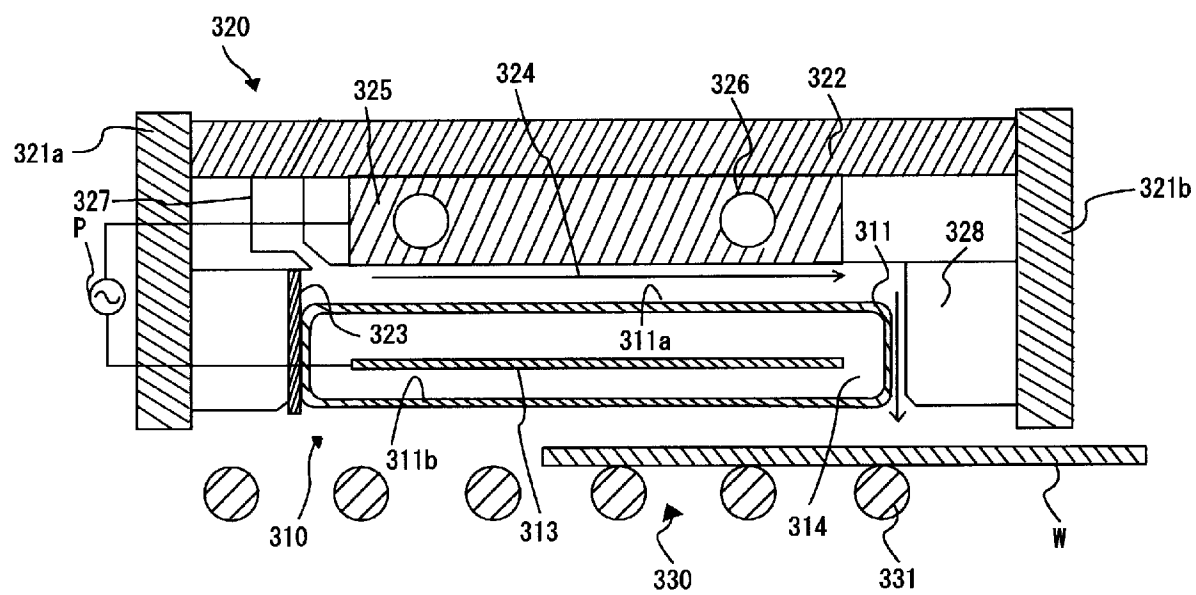
[図13]



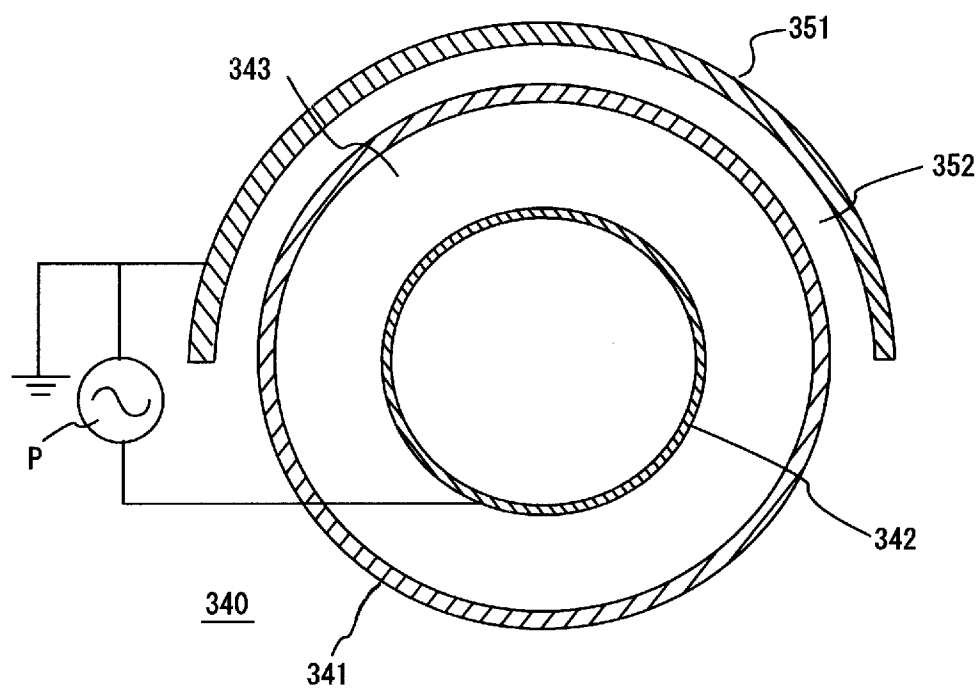
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/061002

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J65/00(2006.01)i, B01J19/08(2006.01)i, B08B7/00(2006.01)i, H01L21/304(2006.01)i, H05H1/24(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J65/00, B01J19/08, B08B7/00, H01L21/304, H05H1/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-373878 A (The Japan Steel Works, Ltd.), 26 December 2002 (26.12.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2005-158796 A (Ushio Inc.), 16 June 2005 (16.06.2005), entire text; all drawings & KR 10-2005-0049349 A & CN 1619780 A	1-11
A	JP 2001-113163 A (Hoya Schott Corp.), 24 April 2001 (24.04.2001), entire text; all drawings & US 6507031 B1 & KR 10-2001-0051163 A & TW 271214 B	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 July, 2010 (30.07.10)

Date of mailing of the international search report
10 August, 2010 (10.08.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/061002

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-99579 A (Ushio Inc.), 07 May 2009 (07.05.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2000-216128 A (Hitachi Electronics Engineering Co., Ltd.), 04 August 2000 (04.08.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J65/00(2006.01)i, B01J19/08(2006.01)i, B08B7/00(2006.01)i, H01L21/304(2006.01)i, H05H1/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J65/00, B01J19/08, B08B7/00, H01L21/304, H05H1/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-373878 A (株式会社日本製鋼所) 2002. 12. 26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 1 1
A	JP 2005-158796 A (ウシオ電機株式会社) 2005. 06. 16, 全文、全図 & KR 10-2005-0049349 A & CN 1619780 A	1 - 1 1
A	JP 2001-113163 A (ホーヤ・ショット株式会社) 2001. 04. 24, 全文、 全図 & US 6507031 B1 & KR 10-2001-0051163 A & TW 271214 B	1 - 1 1

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

3 0 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 8 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

木戸 優華

3 K

3 4 3 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 3 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-99579 A (ウシオ電機株式会社) 2009. 05. 07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 1 1
A	JP 2000-216128 A (日立電子エンジニアリング株式会社) 2000. 08. 04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 1 1