(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
2006 年7 月13 日 (13.07.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/073152 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/316 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
H01L 27/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/300025

(22) 国際出願日: 2006 年1 月5 日 (05.01.2006)

(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2005-002417 2005 年1 月7 日 (07.01.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目３番６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): 小林 岳志 (KOBAYASHI, Takashi) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町１－８ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Hyogo (JP). 古井 真悟 (FURUI, Shingo) [JP/JP]; 〒5780975 大阪府東大阪市中鴻池町１－３－２２ Osaka (JP). 北川 淳一 (KITAGAWA, Junichi) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町１－８ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Hyogo (JP).

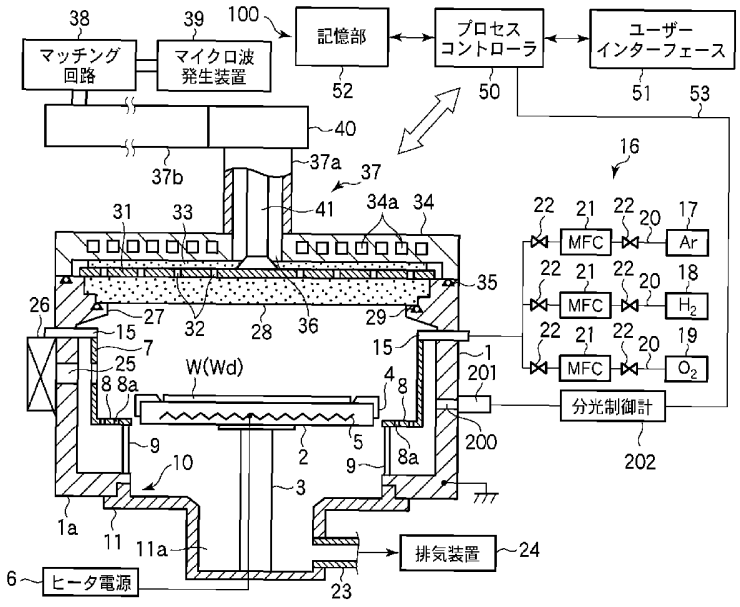
(74) 代理人: 高山 宏志 (TAKAYAMA, Hiroshi); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜３丁目１８番９号 新横浜ＩＣビル６階 Kanagawa (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,

/続葉有/

(54) **Title:** PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理方法



38 MATCHING CIRCUIT
39 MICROWAVE GENERATING DEVICE
52 STORAGE SECTION
50 PROCESS CONTROLLER
51 USER INTERFACE
6 HEATER POWER SUPPLY
24 EXHAUST DEVICE
202 SPECTROMETER

(57) **Abstract:** A pulse-shaped microwave is introduced into a waveguide tube (37) from a microwave generating device (39) through a matching circuit (38), supplied to a planar antenna member (31) through an internal conductor (41) and is emitted from the planar antenna member (31) to a space above a wafer (W) in a chamber (1) through a microwave transmitting plate (28). An electromagnetic field is formed in the chamber (1) by the pulse-shaped microwave emitted from the planar antenna member (31) to the chamber (1) through the microwave transmitting plate (28). Then, Ar gas, H_2 gas and O_2 gas are brought into the plasma state, and an oxide film is formed on the wafer (W).

(57) 要約: マイクロ波発生装置３９からパルス状のマイクロ波を、マッチング回路３８を経て導波管３７に導き、内導体４１を介して平面アンテナ部材３１に供給し、平面アンテナ部材３１からマイクロ波透過板２８を介してチャンバー１内におけるウエハWの上方空間に放射させる。平面アンテナ部材３１からマイクロ波透過板２８を経てチャンバー１に放射されたパルス状のマイクロ波によりチャンバー１内で電磁界が形成され、Ａｒガス、H_2ガス、O_2ガスがプラズマ化してウエハWに対し酸化膜の形成が行なわれる。

WO 2006/073152 A1

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

プラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマを用いて半導体基板等の被処理体に対し酸化膜形成などの処理を行なうプラズマ処理方法に関する。

背景技術

[0002] 各種半導体装置の製造過程では、絶縁膜形成などの目的で頻繁にシリコン酸化膜の形成が行なわれる。シリコン酸化膜は極めて安定であり、外部からの保護膜としての機能も有することから、その成膜技術は半導体装置製造において欠くことの出来ない重要な位置を占めている。特に、近年では、半導体装置の微細化が進展しており、数nm程度と薄く、良質なシリコン酸化膜を精度良く形成する技術が必要になっている。

これまで、シリコン表面に酸化膜を形成するには、多くの場合、熱酸化法が用いられてきた。しかし、高温で行なわれる熱酸化では、ドーピングされた不純物の再拡散が起こるなど、熱処理によるダメージを伴うという問題があった。

[0003] 一方、プラズマ処理によってシリコン酸化膜を形成する技術として、O_2および希ガスを少なくとも含む処理ガスの存在下で、複数のスリットを有する平面アンテナ部材を介するマイクロ波照射に基づくプラズマを用いて、Siを主成分とする被処理基体の表面にSiO_2膜を形成する方法が提案されている(例えば、特許文献1)。

特許文献1:国際公開WO2002／058130号

発明の開示

[0004] プラズマを用いてシリコン酸化膜を形成する場合、低温での成膜が可能であるため、熱酸化による問題の多くが解決されるが、プラズマ特有の課題として、プラズマ中に含まれる活性種などの作用により半導体ウエハに影響を与える、いわゆるプラズマダメージが問題になる。特に、水素と酸素を含むガスプラズマを用いて酸化膜を形成しようとする場合には、プラズマ中でOHラジカルによる紫外領域の強い発光が起こり、形成される酸化膜自体の膜質を劣化させている可能性がある。その一方で、プラズ

マ中で紫外領域の発光を抑制しようとすると、酸化作用も弱まり、酸化レートが低下するという問題もあった。

[0005] 従って、本発明の目的は、紫外領域での発光を制御することにより、プラズマダメージを抑制した処理が可能なプラズマ処理方法を提供することにあり、特に好ましい態様として、十分な酸化レートで酸化膜形成を行なうことができるプラズマ処理方法を提供することにある。

[0006] 上記課題を解決するため鋭意研究を重ねた結果、本発明者らは、パルス状の電磁波を用いることにより、プラズマの発光を抑制して被処理体へのプラズマダメージを低減しながらプラズマ処理が可能になること、並びに、特にプラズマ酸化処理では実用上充分な酸化レートで酸化膜を形成できることを見出し、本発明を完成した。

[0007] 従って本発明の第1の観点は、被処理体に対し、プラズマ処理装置の処理室内でプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法であって、

前記プラズマは、パルス状の電磁波により形成されることを特徴とする、プラズマ処理方法を提供する。

[0008] 上記第1の観点において、前記電磁波がマイクロ波であることが好ましい。

また、前記パルス状の電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度が、連続電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度と比較して50%以下で、かつ、前記パルス状の電磁波のプラズマによる酸化レートが、連続電磁波のプラズマによる酸化レートに比較して55%以上、となるようにパルス条件を制御することが好ましい。この場合、処理ガスとして、希ガスと酸素と水素を含むガスを用いることが好ましい。

また、紫外領域での発光が、OHラジカルによる発光であることが好ましい。

また、前記パルス状の電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度が、連続電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度と比較して90%以下で、かつ、前記パルス状の電磁波のプラズマによる酸化レートが、連続電磁波のプラズマによる酸化レートに比較して80%以上、となるようにパルス条件を制御することが好ましい。この場合、処理ガスとして、希ガスと酸素を含むガスを用いることが好ましい。

[0009] また、前記パルスの周波数が1～100kHz、デューティー比が10～90%であること

が好ましく、さらに、前記パルスの周波数が5～50kHz、デューティー比が50%～90%であることがより好ましい。

また、処理圧力が66．7～266.6Paであることが好ましい。

[0010] 本発明の第2の観点は、被処理体に対し、プラズマ処理装置の処理室内でプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法であって、

前記処理室内にパルス状の電磁波を導入することによりプラズマを発生させるとともに、前記処理室内のプラズマの発光強度を測定し、その値に応じてパルス条件を変更することによって発光強度を制御することを特徴とする、プラズマ処理方法を提供する。

[0011] 本発明の第3の観点は、被処理体に対し、プラズマ処理装置の処理室内でプラズマを作用させて処理するプラズマ処理方法であって、前記処理室内にパルス状の電磁波を導入することによりプラズマを発生させるとともに、パルス条件によって前記処理室内のプラズマの発光強度を制御することを特徴とする、プラズマ処理方法を提供する。

[0012] 上記第3の観点において、前記処理室内のプラズマの発光強度を測定し、その値に応じてパルス条件を変更することによって発光強度を制御することが好ましい。また、プラズマの発光が、紫外領域での発光であることが好ましい。

[0013] また、上記第1から第3の観点において、前記プラズマ処理装置は、複数のスロットを有する平面アンテナを備えており、該平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入するものであることが好ましい。

[0014] 本発明の第4の観点は、パルス状の電磁波によりプラズマを発生させるプラズマ供給源と、

前記プラズマにより、被処理体上に成膜処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、

前記処理容器内で前記被処理体を載置する支持体と、

前記処理容器内を減圧するための排気手段と、

前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、

前記処理容器内で、被処理体に対し、パルス状の電磁波により形成されるプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法が行なわれるように前記処理容器を制御する制御部と、

を備えたことを特徴とする、プラズマ処理装置を提供する。

[0015] 本発明の第5の観点は、コンピュータ上で動作し、実行時に、プラズマ処理装置の処理容器内で、被処理体に対し、パルス状の電磁波により形成されるプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法が行なわれるように、前記処理容器を制御することを特徴とする、制御プログラムを提供する。

[0016] 本発明の第6の観点は、コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、プラズマ処理装置の処理容器内で、被処理体に対し、パルス状の電磁波により形成されるプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法が行なわれるように、前記処理容器を制御することを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体を提供する。

[0017] パルス状電磁波によるプラズマを用いてシリコン酸化膜の形成などの処理を行なうことにより、紫外領域でのプラズマの発光を大幅に抑制できるので、紫外線に起因するプラズマダメージを低減して、製品の歩留まりを向上させ、信頼性の高い半導体装置を提供できる。

しかも、プラズマ酸化処理においては、パルス条件を選択することにより、連続電磁波によるプラズマに近い酸化レートを維持しながら良質な酸化膜を形成することが可能になる。

また、プラズマ処理時にパルス条件を可変にすることによって、プラズマの紫外領域の発光強度を制御できるので、プラズマダメージの少ない処理が可能になる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る成膜処理に適したプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図。

[図2]図1のプラズマ処理装置に用いられる平面アンテナ部材の構造を示す図。

[図3]マイクロ波発生装置の概略構成を示す図面。

[図4]連続マイクロ波プラズマとパルス状マイクロ波プラズマとの特性を比較する図面。

[図5]プラズマ中の310nmにおける発光強度のグラフを示す図面。

[図6]パルス状マイクロ波のパルス周波数と発光強度比との関係を示すグラフ図面。

[図7]パルス状マイクロ波のパルス周波数と酸化膜厚との関係を示すグラフ図面。

[図8]連続マイクロ波プラズマに対するパルス状マイクロ波プラズマの発光強度比と酸化膜厚比との関係をプロットしたグラフ図面。

[図9]界面準位密度と酸化膜厚との関係を示すグラフ図面。

発明を実施するための最良の形態

[0019] 以下、適宜添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。図1は、本発明の一実施形態に係るプラズマ処理方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図である。このプラズマ処理装置は、複数のスロットを有する平面アンテナ、特にRLSA(Radial Line Slot Antenna;ラジアルラインスロットアンテナ)にて処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させることにより、高密度かつ低電子温度のマイクロ波プラズマを発生させ得るRLSAマイクロ波プラズマ処理装置として構成されており、各種半導体装置の製造過程におけるシリコン酸化膜の形成などの処理に好適に利用可能なものである。ここで、シリコン酸化膜としては、例えば、MOSトランジスタ、MOSFET(電界効果型トランジスタ)、TFT(薄膜トランジスタ)等の半導体装置におけるゲート絶縁膜などの形成、ゲート電極側壁のポリシリコンの修復酸化などのほか、不揮発性メモリのトンネル酸化膜、撮像素子の製造過程での保護膜形成などを挙げることができる。上記プラズマ処理装置100は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンバー1を有している。チャンバー1の底壁1aの略中央部には円形の開口部10が形成されており、底壁1aにはこの開口部10と連通し、下方に向けて突出する排気室11が設けられている。

[0020] チャンバー1内には被処理体であるウエハWやダミーウエハWdを水平に支持するためのAlN等のセラミックスからなるサセプタ2が設けられている。このサセプタ2は、排気室11の底部中央から上方に延びる円筒状のAlN等のセラミックスからなる支持

部材3により支持されている。サセプタ2の外縁部にはウエハWをガイドするためのガイドリング4が設けられている。また、サセプタ2には抵抗加熱型のヒータ5が埋め込まれており、このヒータ5はヒータ電源6から給電されることによりサセプタ2を加熱して、その熱で被処理体であるウエハWを加熱する。このとき、例えば室温から800℃までの範囲で温度制御可能となっている。なお、チャンバー1の内周には、石英からなる円筒状のライナー7が設けられている。また、サセプタ2の外周側には、チャンバー1内を均一排気するため、多数の排気孔8aを有するバッフルプレート8が環状に設けられ、このバッフルプレート8は、複数の支柱9により支持されている。

[0021] サセプタ2には、ウエハWを支持して昇降させるためのウエハ支持ピン(図示せず)がサセプタ2の表面に対して突没可能に設けられている。

[0022] チャンバー1の側壁には環状をなすガス導入部材15が設けられており、このガス導入部材15にはガス供給系16が接続されている。ガス導入部材はシャワー状に配置してもよい。このガス供給系16は、例えばArガス供給源17、H_2ガス供給源18、O_2ガス供給源19を有しており、これらガスが、それぞれガスライン20を介してガス導入部材15に至り、ガス導入部材15からチャンバー1内に導入される。ガスライン20の各々には、マスフローコントローラ21およびその前後の開閉バルブ22が設けられている。なお、前記Arガスに代えて、Kr、Xeなどの希ガスを用いることもできる。

[0023] 上記排気室11の側面には排気管23が接続されており、この排気管23には高速真空ポンプを含む排気装置24が接続されている。そしてこの排気装置24を作動させることによりチャンバー1内のガスが、排気室11の空間11a内へ均一に排出され、排気管23を介して排気される。これによりチャンバー1内は所定の真空度、例えば0.133Paまで高速に減圧することが可能となっている。

[0024] チャンバー1の側壁には、プラズマ処理装置100に隣接する搬送室(図示せず)との間でウエハWや、ダミーウエハWdの搬入出を行うための搬入出口25と、この搬入出口25を開閉するゲートバルブ26とが設けられている。

[0025] チャンバー1の上部は開口部となっており、この開口部の周縁部に沿ってリング状の支持部27が設けられており、この支持部27に誘電体、例えば石英やAl_2O_3、AlN等のセラミックスからなり、マイクロ波を透過するマイクロ波透過板28がシール部材29

を介して気密に設けられている。したがって、チャンバー1内は気密に保持される。

[0026] マイクロ波透過板28の上方には、サセプタ2と対向するように、円板状の平面アンテナ部材31が設けられている。この平面アンテナ部材31はチャンバー1の側壁上端に係止されている。平面アンテナ部材31は、例えば表面が金または銀メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、多数のマイクロ波放射孔32が所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。このマイクロ波放射孔32は、例えば図2に示すように長溝状をなし、典型的には隣接するマイクロ波放射孔32同士が「T」字状に配置され、これら複数のマイクロ波放射孔32が同心円状に配置されている。マイクロ波放射孔32の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長(λ)に応じて決定され、例えばマイクロ波放射孔32の間隔は、1／2λまたはλとなるように配置される。なお、図2において、同心円状に形成された隣接するマイクロ波放射孔32同士の間隔をΔrで示している。また、マイクロ波放射孔32は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、マイクロ波放射孔32の配置形態は特に限定されず、同心円状のほか、例えば、螺旋状、放射状に配置することもできる。

[0027] この平面アンテナ部材31の上面には、真空よりも大きい誘電率を有する遅波材33が設けられている。この遅波材33は、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてプラズマを調整する機能を有している。なお、平面アンテナ部材31とマイクロ波透過板28との間は密着した状態となっており、また、遅波材33と平面アンテナ31との間も密着されている。

[0028] チャンバー1の上面には、これら平面アンテナ部材31および遅波材33を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材からなるシールド蓋体34が設けられている。チャンバー1の上面とシールド蓋体34とはシール部材35によりシールされている。シールド蓋体34には、冷却水流路34aが形成されており、そこに冷却水を通流させることにより、シールド蓋体34、遅波材33、平面アンテナ31、マイクロ波透過板28を冷却するようになっている。なお、シールド蓋体34は接地されている。

[0029] シールド蓋体34の上壁の中央には、開口部36が形成されており、この開口部には導波管37が接続されている。この導波管37の端部には、マッチング回路38を介してマイクロ波発生装置39が接続されている。このマイクロ波発生装置39の構成を図3

に模式的に示す。このマイクロ波発生装置39においては、電源部61から発振部64のマグネトロン65までを結ぶ高電圧供給ライン66上に、コンデンサ62とパルススイッチ部63が設けられている。また、パルススイッチ部63には、パルス制御部67が接続されており、周波数やデューティー比などの制御信号の入力が行なわれる。このパルス制御部67は、プロセスコントローラ50(後述)からの指示を受けて制御信号をパルススイッチ部63へ向けて出力する。そして、電源部61から高電圧を供給しつつパルススイッチ部63に制御信号を入力することにより、図3に示すように所定電圧(例えば－5．1[kV])の矩形波が発振部64のマグネトロン65に供給され、パルス状のマイクロ波が出力される。マイクロ波発生装置39で発生したパルス状マイクロ波は、導波管37を介して上記平面アンテナ部材31へ伝搬されるようになっている。このマイクロ波のパルスは、例えば周波数が1kHz～100kHz、好ましくは5kHz～50kHzで、デューティー比が10～90%、好ましくは50～90%に制御することができる。

[0030] 導波管37は、上記シールド蓋体34の開口部36から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管37aと、この同軸導波管37aの上端部にモード変換器40を介して接続された水平方向に延びる矩形導波管37bとを有している。矩形導波管37bと同軸導波管37aとの間のモード変換器40は、矩形導波管37b内をTEモードで伝播するマイクロ波をTEMモードに変換する機能を有している。同軸導波管37aの中心には内導体41が延在しており、内導体41は、その下端部において平面アンテナ部材31の中心に接続固定されている。これにより、パルス状のマイクロ波は、同軸導波管37aの内導体41を介して平面アンテナ部材31へ放射状に効率よく均一に伝播される。

[0031] また、チャンバー1の側壁の下部には、プラズマの発光測定のための透光性の窓200が設けられている。この窓200に隣接して受光部201が配備され、受光部201はプラズマの発光強度を測定するためのモノクロメータなどの分光制御計202と電気的に接続されている。窓200を設けた位置は、平面アンテナ部材31から離れているためプラズマの影響を受けにくく、また窓200への付着物も少なく、安定して測定を行なうことが出来る。なお、分光制御計202の設置位置は特に限定されず、安定して測定可能な位置であればどの位置でもよい。また、チャンバー1内には、石英からなる円筒状のライナー7が設けられているので、窓200とライナー7を通してプラズマ中の

ラジカルの発光強度を測定可能である。ライナー7に開口を設けることは可能であるが、直接窓200へのプラズマの接触および付着物防止の観点からはむしろ開口を設けないことが好ましい。

[0032] プラズマ処理装置100の各構成部は、CPUを備えたプロセスコントローラ50に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ50には、工程管理者がプラズマ処理装置100を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置100の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース51が接続されている。

[0033] また、プロセスコントローラ50には、プラズマ処理装置100で実行される各種処理をプロセスコントローラ50の制御にて実現するための制御プログラム(ソフトウエア)や処理条件データ等が記録されたレシピが格納された記憶部52が接続されている。

[0034] そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース51からの指示等にて任意のレシピを記憶部52から呼び出してプロセスコントローラ50に実行させることで、プロセスコントローラ50の制御下で、プラズマ処理装置100での所望の処理が行われる。また、前記制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、例えばCD－ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリなどに格納された状態のものを利用したり、あるいは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用したりすることも可能である。

[0035] また、プロセスコントローラ50は、接続手段53によって分光制御計202と電気的に接続されているので、分光制御計202で検出されたOH^*ラジカル等の発光強度の情報を解析し、パルス条件の制御を行なう。例えば、計測された発光強度に基づき、プロセスコントローラ50からパルス制御部67に制御信号を送出することにより、パルス周波数やデューティー比などのパルス条件を自動的に変更することもできる。

[0036] このように構成されたRLSA方式のプラズマ処理装置100においては、以下のような手順でウエハWのシリコン層を酸化して酸化膜を形成する等の処理を行うことができる。

まず、ゲートバルブ26を開にして搬入出口25からシリコン層が形成されたウエハWをチャンバー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。そして、ガス供給系16のArガ

ス供給源17およびH_2ガス供給源18、O_2ガス供給源19から、Arガス、H_2ガスおよびO_2ガスを所定の流量でガス導入部材15を介してチャンバー1内に導入する。具体的には、例えばArなどの希ガス流量を250～1000mL／min(sccm)、H_2ガス流量を1～20mL／min(sccm)、O_2ガス流量を1～20mL／min(sccm)に設定し、チャンバー内を6．7～1333Pa(50mTorr～10Torr)、好ましくは66．7～266．6Pa(500mTorr～2Torr)、望ましくは133．3Pa前後の処理圧力に調整し、ウエハWの温度を300～800℃、好ましくは400～600℃程度に加熱する。

[0037] 次に、マイクロ波発生装置39からのパルス状のマイクロ波を、マッチング回路38を経て導波管37に導き、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通過させて内導体41を介して平面アンテナ部材31に供給し、平面アンテナ部材31のスロットからマイクロ波透過板28を介してチャンバー1内におけるウエハWの上方空間に放射させる。マイクロ波は、矩形導波管37b内ではTEモードで伝搬し、このTEモードのマイクロ波はモード変換器40でTEMモードに変換されて、同軸導波管37a内を平面アンテナ部材31に向けて伝搬されていく。平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1に放射されたパルス状のマイクロ波によりチャンバー1内で電磁界が形成され、Arガス、H_2ガス、O_2ガスがプラズマ化する。このマイクロ波プラズマは、マイクロ波が平面アンテナ部材31の多数のマイクロ波放射孔32からパルス(間欠)状に放射されることにより、略5×10^{10}～1×10^{13}／cm^3の高密度を維持したプラズマとなる。そして、プラズマ中の酸化種、例えば酸素ラジカル(O^*)、ヒドロキシラジカル(OH^*)や酸素イオン(O^{2-})などの作用によって、シリコン中に酸素が導入され、SiO_2膜が形成される。

[0038] 本発明のプラズマ処理におけるプラズマ密度としては、10^9～10^{13}／cm^3が好ましい。なお、このような高密度のプラズマを生成させ得るプラズマ処理装置として、上記RLSA方式のプラズマ処理装置以外に、例えば平行平板型プラズマ処理装置、平面波プラズマ処理装置、誘導結合型プラズマ処理装置、電子サイクロトロンプラズマ処理装置などを用いることもできる。

[0039] 本実施形態では、マイクロ波をパルス状に発生させることにより、連続マイクロ波に比べ、プラズマの電子温度を30～50％程度低減させることができる。従って、上記

ガス系を用いた酸化膜形成におけるプラズマの電子温度を略1．2eV以下、好ましくは0．7～0．5eVあるいはそれ以下まで低下させることができる。

[0040] 図4はプラズマ形成における連続マイクロ波とパルス状マイクロ波による電力、電子温度および電子密度の特性比較を示す図面である。図中、tは時間経過を表している。パルス状マイクロ波プラズマでは、電子温度は一定周期で増減を繰り返すことにより、平均電力が同じ場合、連続マイクロ波プラズマに比べて電子温度を低く抑制できることがわかる。一方、電子密度は、緩やかな周期で増減するが、平均的にはほぼ連続マイクロ波プラズマと同等に維持されるため、酸化レートを大きく損なうことがない。パルス状マイクロ波プラズマにおけるこれらの特性は実験的にも確認されている。従って、パルス状マイクロ波プラズマを用いることにより、低温かつ短時間で酸化膜形成を行うことができ、しかも、図1のようなRLSA方式のプラズマ処理装置100を用いる場合には、さらに電子温度を下げることが可能となり、下地膜などへのイオン等によるプラズマダメージがいっそう低減されて極めてマイルドな処理が実現する。

[0041] また、連続マイクロ波プラズマによる酸化膜形成においては、ArとH_2とO_2を含むガス系を用いて酸化を行なう際に、チャンバー内で紫外領域、例えば310nm付近で酸化種であるOH^*による強い発光ピークが観察される。このOH^*は、酸化膜形成において欠かせない反面、強い紫外線が照射されると、Si／SiO_2の界面準位密度（Dit；Density Interface Trap）を増加させることから、ウエハWなどの被処理体にプラズマダメージを与え、製品の歩留まりを低下させる一因となる。特にCCD（Charge Coupled Devices）に代表されるイメージセンサなどの光に敏感な半導体デバイスの製造過程では、プラズマを用いて酸化膜を成膜する過程で紫外領域、例えば250～400nmのプラズマ発光が強く起こると、SiO_2／Siの界面準位が高くなり、その結果、暗電流を増大させる。この暗電流は、CCDのようなデバイスに対し大きな特性変化を与え、製品の歩留まりを低下させる。これに対し、パルス状マイクロ波プラズマを用いることにより、紫外領域の発光を大幅に低減させることができる。例えば、ArとH_2とO_2を含むガスを用いる場合には、同じ条件での連続マイクロ波プラズマに対する紫外領域での発光強度比が50％以下、好ましくは30％以下、連続マイクロ波プラズマに対する酸化レート比が55％以上、好ましくは70％以上となるようにパルス条件を制御する

ことにより、一定以上の酸化レートを確保しながら紫外領域でのOH^*の発光を抑制し、プラズマダメージを低減できる。また、ArとO_2を含むガスを用いる場合には、同じ条件での連続マイクロ波プラズマに対する紫外領域での発光強度比が90%以下、好ましくは70%以下、連続マイクロ波プラズマに対する酸化レート比が80%以上、好ましくは90%以上となるようにパルス条件を制御することにより、一定以上の酸化レートを確保しながら紫外領域での発光を抑制し、プラズマダメージを低減できる。

[0042] このような酸化膜形成を可能にするパルス条件としては、例えばパルス周波数は1kHz～100kHzで、デューティー比は50～90%とすることができ、好ましくはパルス周波数5kHz～50kHzで、デューティー比50～90%に制御することがよい。従って、本発明のプラズマ処理方法は、特にCCDなどの撮像素子の製造過程において、シリコンを酸化させてSiO_2などのシリコン酸化膜の形成を行なう場合に好適である。

[0043] 次に、本発明の効果を確認した試験結果について述べる。なお、以下の試験では図1と同様の構成のプラズマ処理装置100を使用した。

次に示す条件でパルス状の電磁波としてマイクロ波を用いてSi基板を酸化して酸化膜(SiO_2膜)を形成する際に、モノクロメータでチャンバー内の波長310nmにおける発光強度を測定し、連続マイクロ波を用いた場合と比較した。その結果を図5に示した。

[0044] ＜条件＞

$Ar/H_2/O_2$流量比＝500／5／5mL／min(sccm)

チャンバー内圧力＝133．3Pa

マイクロ波パワー＝2750W

ウエハW温度＝500℃

パルス状マイクロ波プラズマ1:周波数＝5kHz、デューティー比＝50%

パルス状マイクロ波プラズマ2:周波数＝50kHz、デューティー比＝50%

連続マイクロ波プラズマ:周波数＝2．45GHz

[0045] 図5より、パルス状マイクロ波プラズマの場合には、OHラジカル(OH^*)による310nmの発光ピークが大幅に低減することが確認された。このOH^*の発光は、形成される酸化膜の膜質を低下させるプラズマダメージの原因と考えられる。このように、本発明

によれば図1と同様のプラズマ処理装置100を用いてパルス状マイクロ波プラズマによりシリコンを酸化することによって、紫外領域でのプラズマ発光を抑制し、被処理体への悪影響を極力低減しながら酸化膜を形成することができる。

[0046] 次に、パルス状マイクロ波のパルス周波数と発光強度との関係を調べた結果を図6に示した。図6の縦軸は、パルス状マイクロ波プラズマの310nmにおけるOH^*の発光強度を連続波CWに対する比として示したものであり、横軸はパルスのオン／オフタイム（μ秒）である。ここでは、処理ガスとして$Ar／H_2／O_2$および$Ar／O_2$を使用した。処理条件は以下の通りである。

＜条件＞

（1）$Ar／H_2／O_2$

流量比＝500／5／5mL／min（sccm）

チャンバー内圧力＝133．3Pa

マイクロ波パワー＝2750W

ウエハW温度＝500℃

パルス周波数＝1kHzまたは50kHz（いずれもデューティー比＝50％）

（2）$Ar／O_2$

流量比＝500／5mL／min（sccm）

チャンバー内圧力＝133．3Pa

マイクロ波パワー＝2750W

ウエハW温度＝500℃

パルス周波数＝5kHz、30kHzまたは50kHz（いずれもデューティー比＝50％）

（3）連続マイクロ波プラズマ：上記二通りのガス系で、周波数＝2．45GHzとした以外は同様の条件で実施した。

[0047] この図6より、$Ar／H_2／O_2$および$Ar／O_2$のいずれのガス系でもパルスの周波数を大きくするに従って連続波に対する発光強度比が低下しており、発光強度の低減効果が大きくなることがわかる。また、OH^*の発光強度が特に大きい$Ar／H_2／O_2$の場合は、$Ar／O_2$に比べ、連続波に対するOH^*の発光強度の低減効果が格段に大きいことが示された。

[0048] 上記紫外領域におけるプラズマの発光は、酸化膜に悪影響を与える。OH^*の強い発光はその一因と考えられるが、その一方で、OH^*自体は強い酸化作用を持つ活性種であるため、OH^*発光を抑制することは、プラズマ中のOH^*を減少させることになり、酸化レートの低下につながる。そこで、Si基板への酸化膜形成において、パルス状マイクロ波のパルス周波数と酸化膜厚(プラズマ酸化レート)との関係を調べた。酸化処理の条件は以下のとおりである。なお、酸化膜の厚さは、光学膜厚測定器エリプソメーターにより測定した。

[0049] ＜酸化処理条件＞

(1)$Ar/H_2/O_2$

流量比＝500／5／5mL／min(sccm)

チャンバー内圧力＝133．3Pa

マイクロ波パワー＝2750W

ウエハW温度＝500℃

パルス周波数＝1kHzから50kHzの範囲で変化させた(いずれもデューティー比＝50%)

処理時間＝180秒

(2)Ar/O_2

流量比＝500／5mL／min(sccm)

チャンバー内圧力＝133．3Pa

マイクロ波パワー＝2750W

ウエハW温度＝500℃

パルス周波数＝1kHzから50kHzの範囲で変化させた(いずれもデューティー比＝50%)

処理時間＝180秒

(3)連続マイクロ波プラズマ:上記二通りのガス系で、周波数＝2．45GHzの連続波とした以外は同様の条件で実施した。

[0050] 結果を図7に示した。図7から、$Ar/H_2/O_2$の場合は、Ar/O_2の場合より酸化レートが高い。また、オン／オフ(ON／OFF)タイムの増加、つまりパルス周波数が低く

なると酸化レートが低下する傾向が見られるが、パルス周波数が1kHz～50kHzの範囲では、実用上十分な酸化レートが得られることがわかる。

また、Ar/O_2の場合は、パルス周波数が2kHz～50kHzまでは酸化レートが一定で、この範囲では連続波に対する酸化レートの低下が少なく、パルス周波数が2kHz以下になると酸化レートが低下した。以上のことから、$Ar/H_2/O_2$およびAr/O_2のいずれのガス系の場合でも、酸化レートを維持しながらOH^*の発光強度を低減する観点で、デューティー比＝50%においてパルス周波数5kHz～50kHzの範囲が特に好ましいと考えられる。

[0051] 次に、下記の条件で測定された連続マイクロ波プラズマによる酸化レートとパルス状マイクロ波プラズマによる酸化レートとの比、および連続マイクロ波プラズマによるOH^*の発光強度(波長310nm)とパルス状マイクロ波プラズマによるOH^*の発光強度(同)との比を求めた。

(共通の条件)

$Ar/H_2/O_2$流量比＝500／5／5mL／min(sccm)；

チャンバー内圧力＝約133．3Pa(1Torr)；

ウエハ温度＝500℃；

処理時間；180秒

[0052] 連続マイクロ波プラズマ：

周波数＝2．45GHz

パルス状マイクロ波プラズマ：

(条件A－1)パルスオン(ON)タイム 100μ秒、ピークマイクロ波パワー2750W

(条件A－2)パルスオン(ON)タイム 50μ秒、ピークマイクロ波パワー2750W

(条件A－3)パルスオン(ON)タイム 10μ秒、ピークマイクロ波パワー2750W

(条件A－4)周波数5kHz デューティー比50%、ピークマイクロ波パワー2750W

(条件A－5)周波数50kHz デューティー比50%、ピークマイクロ波パワー2750W

[0053] その結果を図8に示した。以上の結果より、酸化レートを維持しながら発光強度を低減することが可能なパルス条件範囲として、例えばパルスオン(ON)タイム10～100

μ秒、好ましくは50～100μ秒、パルス周波数1kHz～50kHz、好ましくは5kHz～50kHz、デューティー比が50～90%、好ましくは50～70%のパルス条件を挙げることができる。この範囲であれば、OH^*ラジカルの発光強度を連続マイクロ波プラズマの6割程度に低減しつつ、連続マイクロ波プラズマに比べて8割以上の酸化レートを維持できる。従って、酸化レートを極端に落とさずに、紫外領域での発光による被処理体への影響を排除し、製品の歩留まりを向上させることができる。このため、例えばCCDセンサ、CMOSセンサなどの撮像素子を製造する過程での酸化膜の形成、具体的には、光電変換部の保護膜としてシリコン酸化膜を形成する場合などに、パルス状マイクロ波プラズマによるプラズマ処理を行なうことは非常に有効である。

[0054] 次に、パルス状マイクロ波プラズマによって形成された酸化膜について、その電気的特性の評価を行なった。以下に示す条件で、パルス状マイクロ波プラズマまたは連続マイクロ波プラズマによりシリコンの酸化を行ない、酸化膜厚と、界面準位密度との関係を調べた。その結果を図9に示した。

(共通の条件)

チャンバー内圧力＝約133．3Pa(1Torr)；

マイクロ波パワー＝2750W；

ウエハ温度＝500℃；

処理時間；180秒

[0055] (条件B－1)連続マイクロ波プラズマ

Ar／O_2流量比＝500／5mL／min(sccm)

(条件B－2)パルス状マイクロ波プラズマ

周波数5kHz デューティー比50%

Ar／O_2流量比＝500／5mL／min(sccm)

(条件B－3)パルス状マイクロ波プラズマ

周波数50kHz デューティー比50%

Ar／O_2流量比＝500／5mL／min(sccm)

(条件B－4)連続マイクロ波プラズマ

Ar／H_2／O_2流量比＝500／5／5mL／min(sccm)

(条件B－5)パルス状マイクロ波プラズマ

周波数5kHz デューティー比50%

Ar／H_2／O_2流量比＝500／5／5mL／min(sccm)

(条件B－6)パルス状マイクロ波プラズマ

周波数50kHz デューティー比50%

Ar／H_2／O_2流量比＝500／5／5mL／min(sccm)

[0056] 一般に、撮像素子におけるSi／SiO_2の界面準位密度は、1×10^{12}以下でないと暗電流が増加して撮像不良を引き起こすとされているが、図9から、パルス状マイクロ波プラズマによって形成された酸化膜は、連続マイクロ波プラズマによって形成された酸化膜より界面準位密度が低く、酸化膜の緻密性が高く、良好な電気的特性を持つことが確認できた。特に、水素を所定比率で含むガス系(Ar／H_2／O_2)で処理した場合、界面準位密度は1×10^{12}以下であり、撮像素子への影響は生じないことが確認された。

このように、パルス状マイクロ波プラズマにより形成された酸化膜では、紫外光により増加する界面準位密度が連続マイクロ波プラズマにより形成された酸化膜に比べて低いことから、例えばCCDセンサやCMOSセンサなどの撮像素子を製造する過程での酸化膜形成に好適に利用できることが示された。

[0057] 以上の結果から、プラズマ処理装置100において、パルス状マイクロ波によりプラズマを生成させることにより、酸化レートを安定化し、かつ実用上充分な酸化レートに維持しながら酸化膜を形成できることが示された。また、パルス状マイクロ波を用いることにより、紫外領域での強い発光を低減できることが示された。これにより、プラズマダメージを低減することが可能であり、得られる酸化膜の電気的特性、特に界面準位密度を低減できることが示された。

さらに、図1に示すプラズマ処理装置100の如く、チャンバー1の窓200を通じて分光制御計202によりプラズマの紫外領域の発光強度をモニターし、その結果に応じてパルス条件を可変にすることにより、紫外領域の発光を制御してプラズマ酸化などの処理を行うことも有効である。

[0058] 以上、本発明の実施形態を述べたが、本発明は上記実施形態に制約されることは

なく、種々の変形が可能である。

たとえば、図1では、RLSA方式のプラズマ処理装置100を例に挙げたが、高密度のプラズマ、マイクロ波プラズマ、反射波プラズマ、誘導結合型プラズマ等を用いるプラズマ処理装置であれば、特に限定されず、同様に本発明を適用することが可能である。なお、電磁波としてはマイクロ波に限らず、より周波数の低い電磁波にも適用できる。

また、被処理体としては、シリコン基板に限らず、例えばLCD基板、化合物半導体基板などの基板に適用可能である。

産業上の利用可能性

[0059] 本発明は、各種半導体装置などの製造過程において、シリコン酸化膜を形成する際に好適に利用可能である。

請求の範囲

[1] 被処理体に対し、プラズマ処理装置の処理室内でプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法であって、

前記プラズマは、パルス状の電磁波により形成されることを特徴とする、プラズマ処理方法。

[2] 前記電磁波がマイクロ波であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

[3] 前記パルス状の電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度が、連続電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度と比較して50%以下で、かつ、

前記パルス状の電磁波のプラズマによる酸化レートが、連続電磁波のプラズマによる酸化レートに比較して55%以上、

となるようにパルス条件を制御することを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

[4] 処理ガスとして、希ガスと酸素と水素を含むガスを用いることを特徴とする、請求項3に記載のプラズマ処理方法。

[5] 紫外領域での発光が、OHラジカルによる発光であることを特徴とする、請求項3に記載のプラズマ処理方法。

[6] 前記パルス状の電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度が、連続電磁波によるプラズマの紫外領域での発光強度と比較して90%以下で、かつ、

前記パルス状の電磁波のプラズマによる酸化レートが、連続電磁波のプラズマによる酸化レートに比較して80%以上、

となるようにパルス条件を制御することを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

[7] 処理ガスとして、希ガスと酸素を含むガスを用いることを特徴とする、請求項6に記載のプラズマ処理方法。

[8] 前記パルスの周波数が1～100kHz、デューティー比が10～90%であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

[9] 前記パルスの周波数が5～50kHz、デューティー比が50%～90%であることを特

徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

[10] 処理圧力が66．7～266.6Paであることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

[11] 被処理体に対し、プラズマ処理装置の処理室内でプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法であって、

前記処理室内にパルス状の電磁波を導入することによりプラズマを発生させるとともに、前記処理室内のプラズマの発光強度を測定し、その値に応じてパルス条件を変更することによって発光強度を制御することを特徴とする、プラズマ処理方法。

[12] 被処理体に対し、プラズマ処理装置の処理室内でプラズマを作用させて処理するプラズマ処理方法であって、

前記処理室内にパルス状の電磁波を導入することによりプラズマを発生させるとともに、パルス条件によって前記処理室内のプラズマの発光強度を制御することを特徴とする、プラズマ処理方法。

[13] 前記処理室内のプラズマの発光強度を測定し、その値に応じてパルス条件を変更することによって発光強度を制御することを特徴とする、請求項12に記載のプラズマ処理方法。

[14] 前記プラズマの発光が、紫外領域での発光であることを特徴とする、請求項12または請求項13に記載のプラズマ処理方法。

[15] 前記プラズマ処理装置は、複数のスロットを有する平面アンテナを備えており、該平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入するものであることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

[16] パルス状の電磁波によりプラズマを発生させるプラズマ供給源と、

前記プラズマにより、被処理体上に成膜処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、

前記処理容器内で前記被処理体を載置する支持体と、

前記処理容器内を減圧するための排気手段と、

前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、

前記処理容器内で、被処理体に対し、パルス状の電磁波により形成されるプラズマ

を作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法が行なわれるように前記処理容器を制御する制御部と、

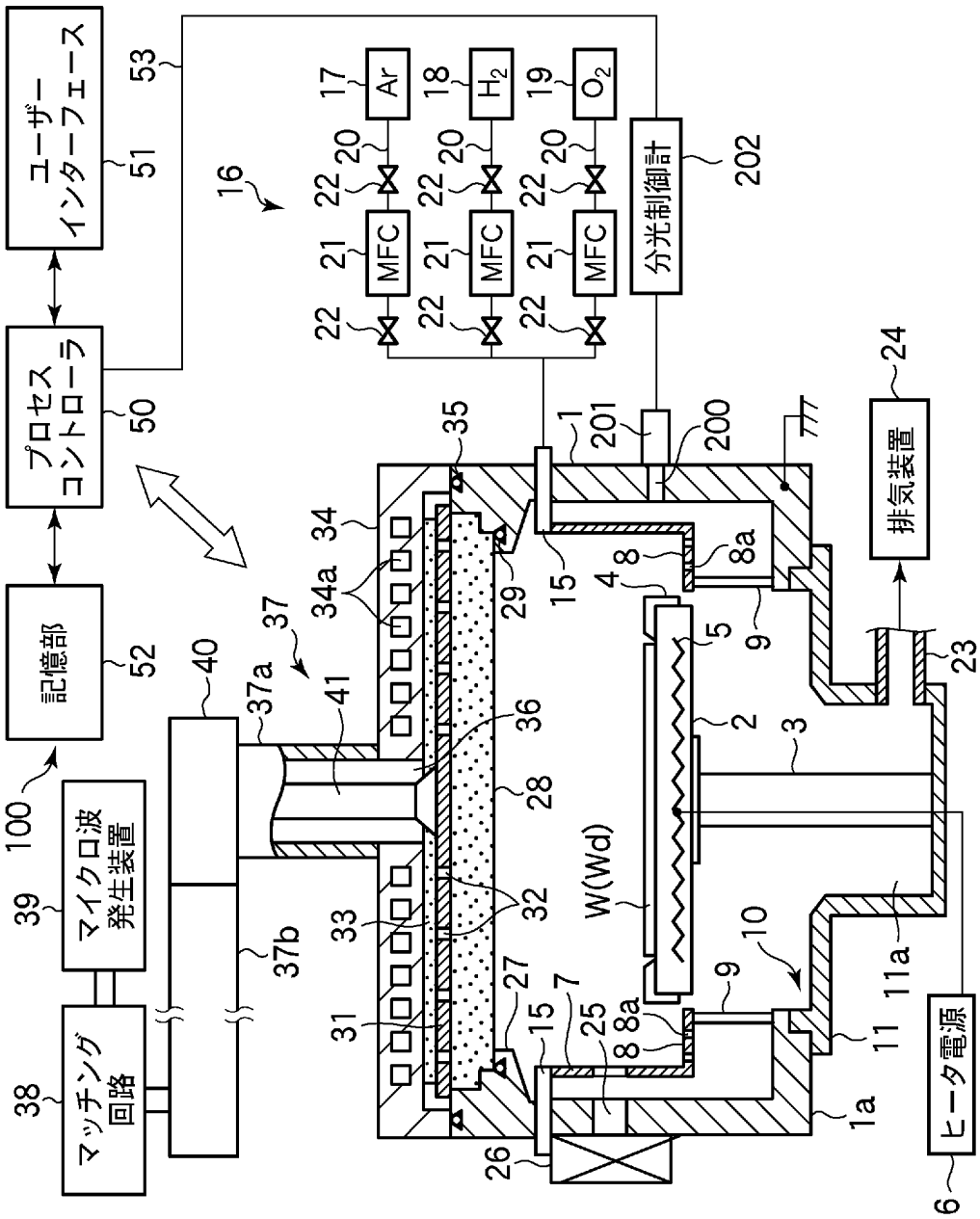
を備えたことを特徴とする、プラズマ処理装置。

[17] コンピュータ上で動作し、実行時に、プラズマ処理装置の処理容器内で、被処理体に対し、パルス状の電磁波により形成されるプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法が行なわれるように、前記処理容器を制御することを特徴とする、制御プログラム。

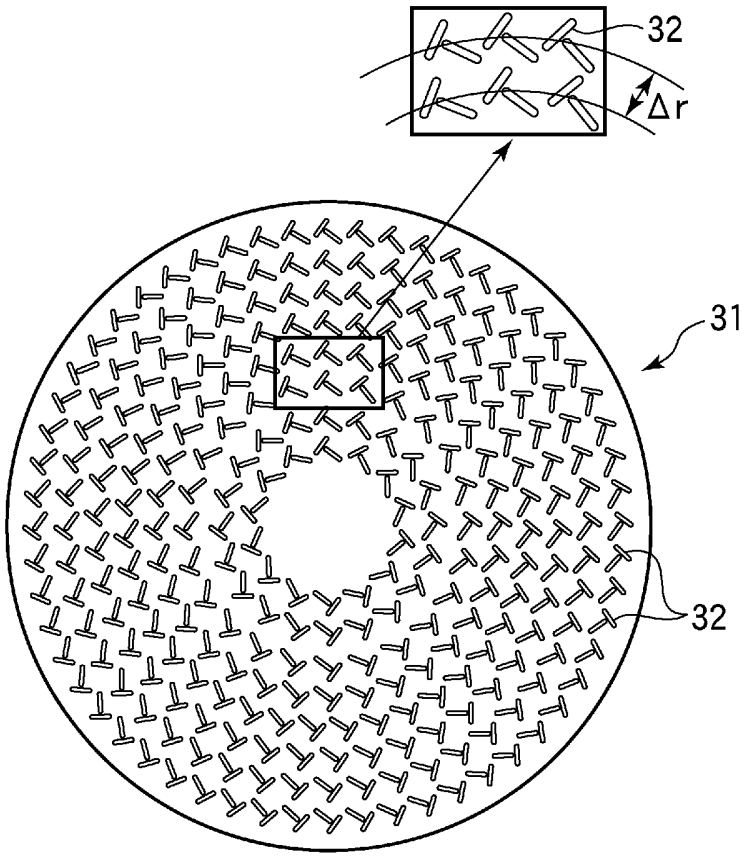
[18] コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、

前記制御プログラムは、実行時に、プラズマ処理装置の処理容器内で、被処理体に対し、パルス状の電磁波により形成されるプラズマを作用させることにより、シリコンを酸化してシリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法が行なわれるように、前記処理容器を制御することを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

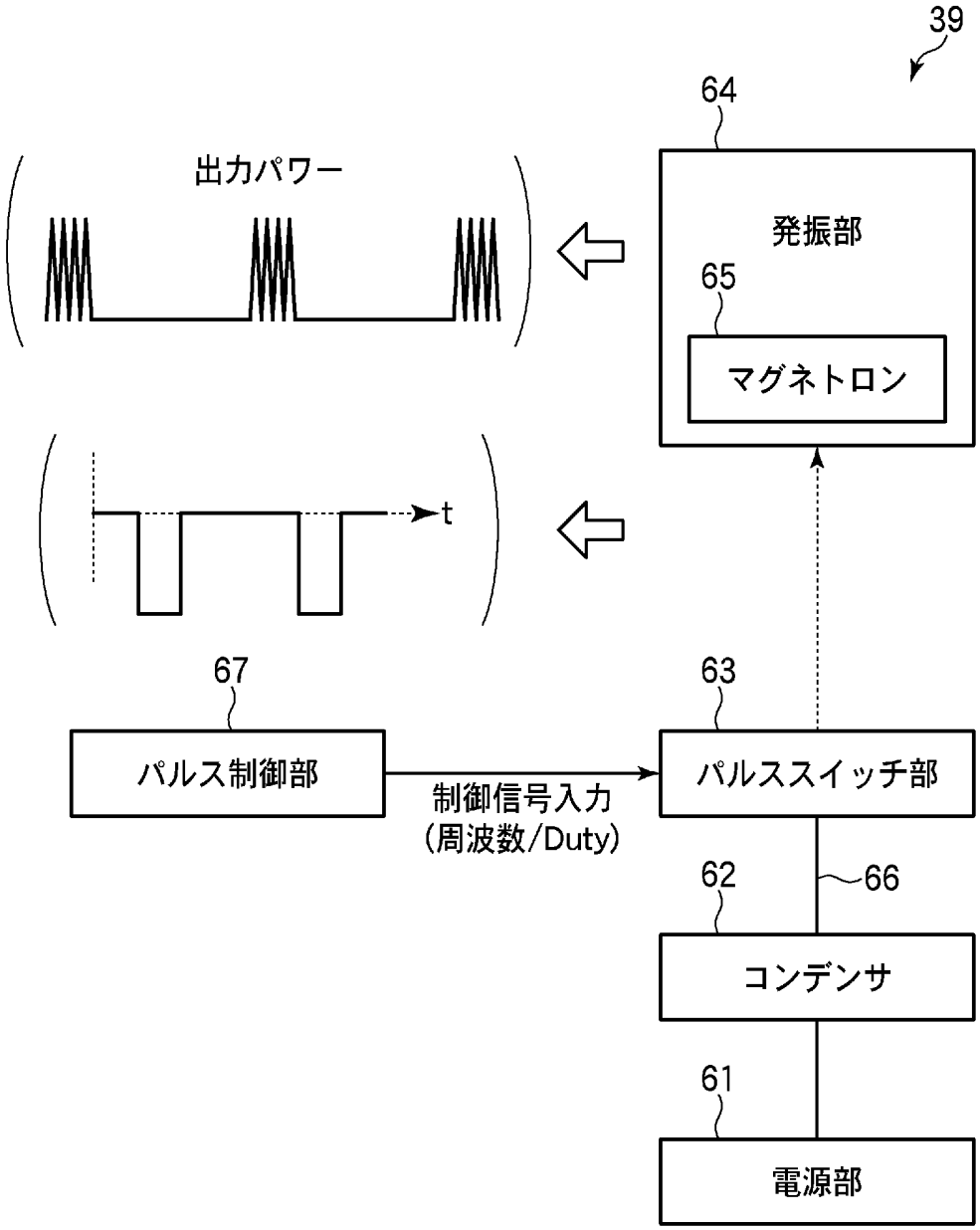
[図1]


ユーザーインターフェース
プロセスコントローラ
記憶部
マイクロ波発生装置
マッチング回路
Ar
H_2
O_2
MFC
分光制御計
排気装置
ヒータ電源
W(Wd)

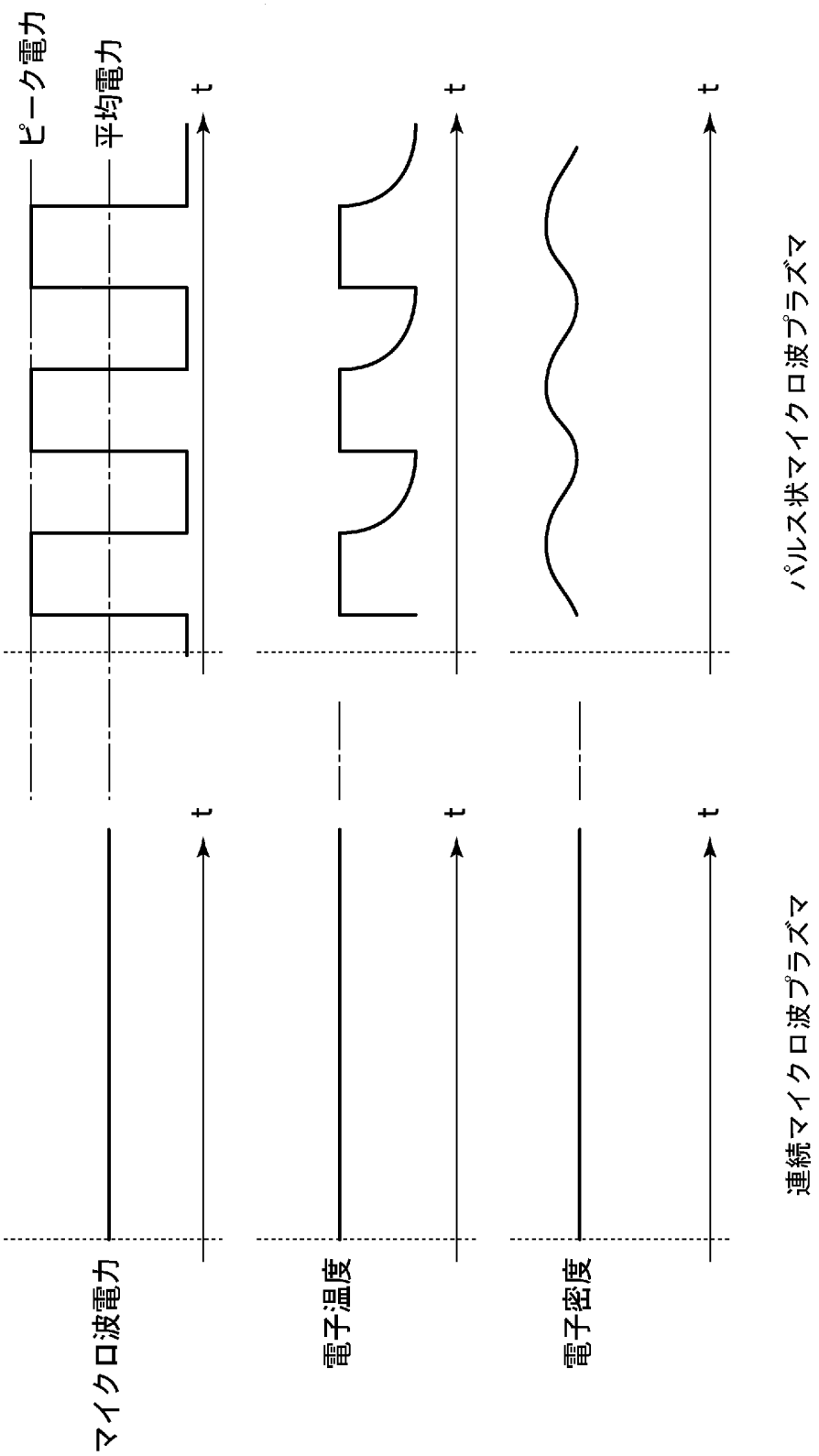
[図2]



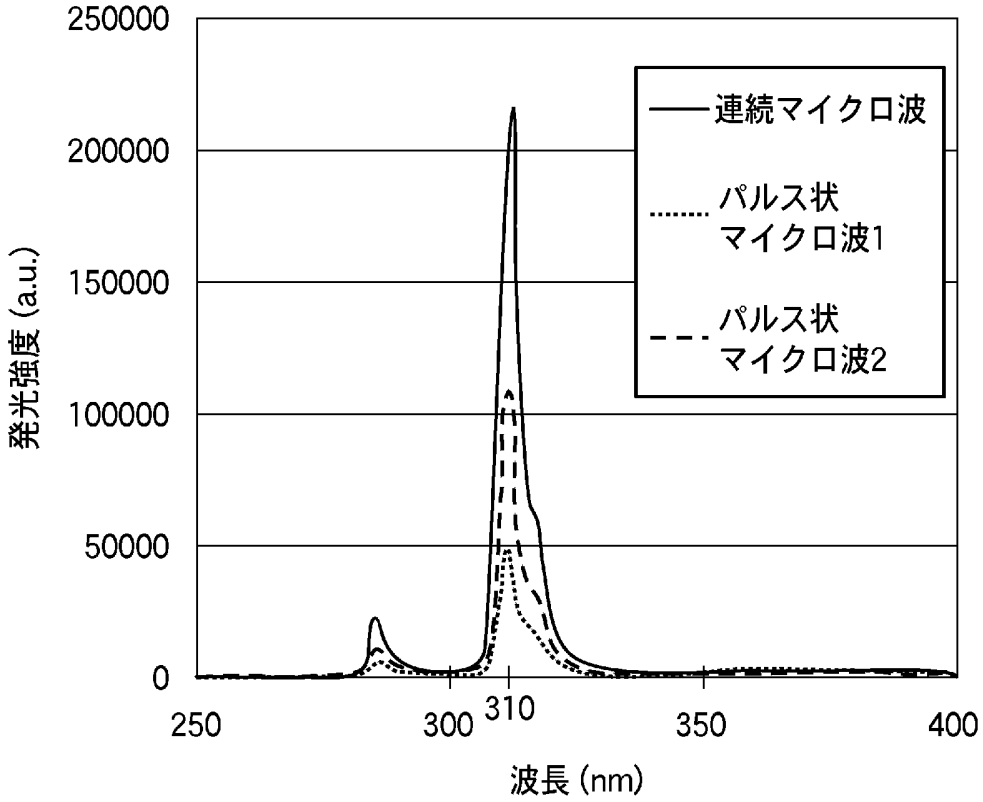
[図3]


39
64
出力パワー
発振部
65
マグネトロン
t
67
63
パルス制御部
制御信号入力
(周波数/Duty)
パルススイッチ部
62
66
コンデンサ
61
電源部

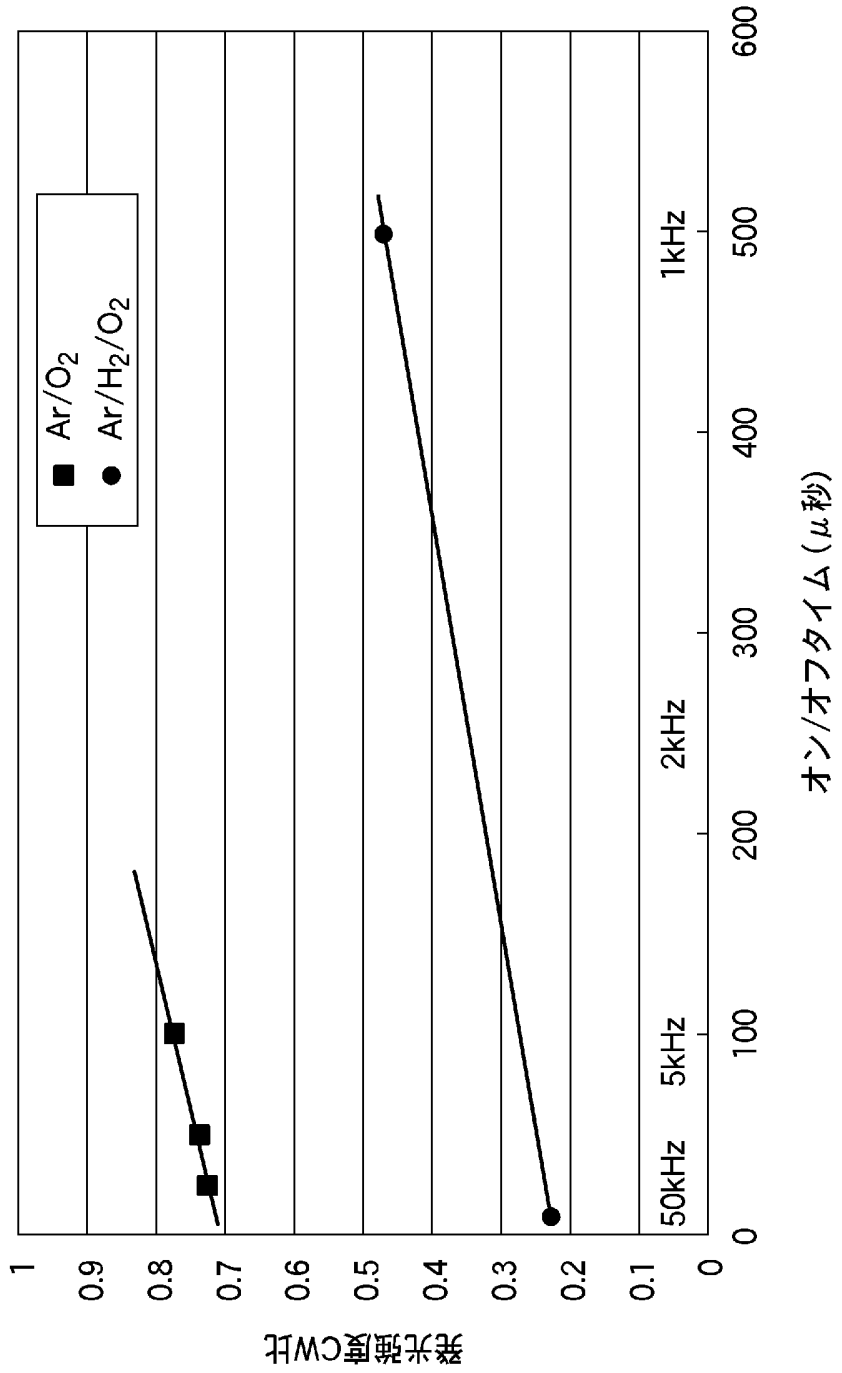
[図4]



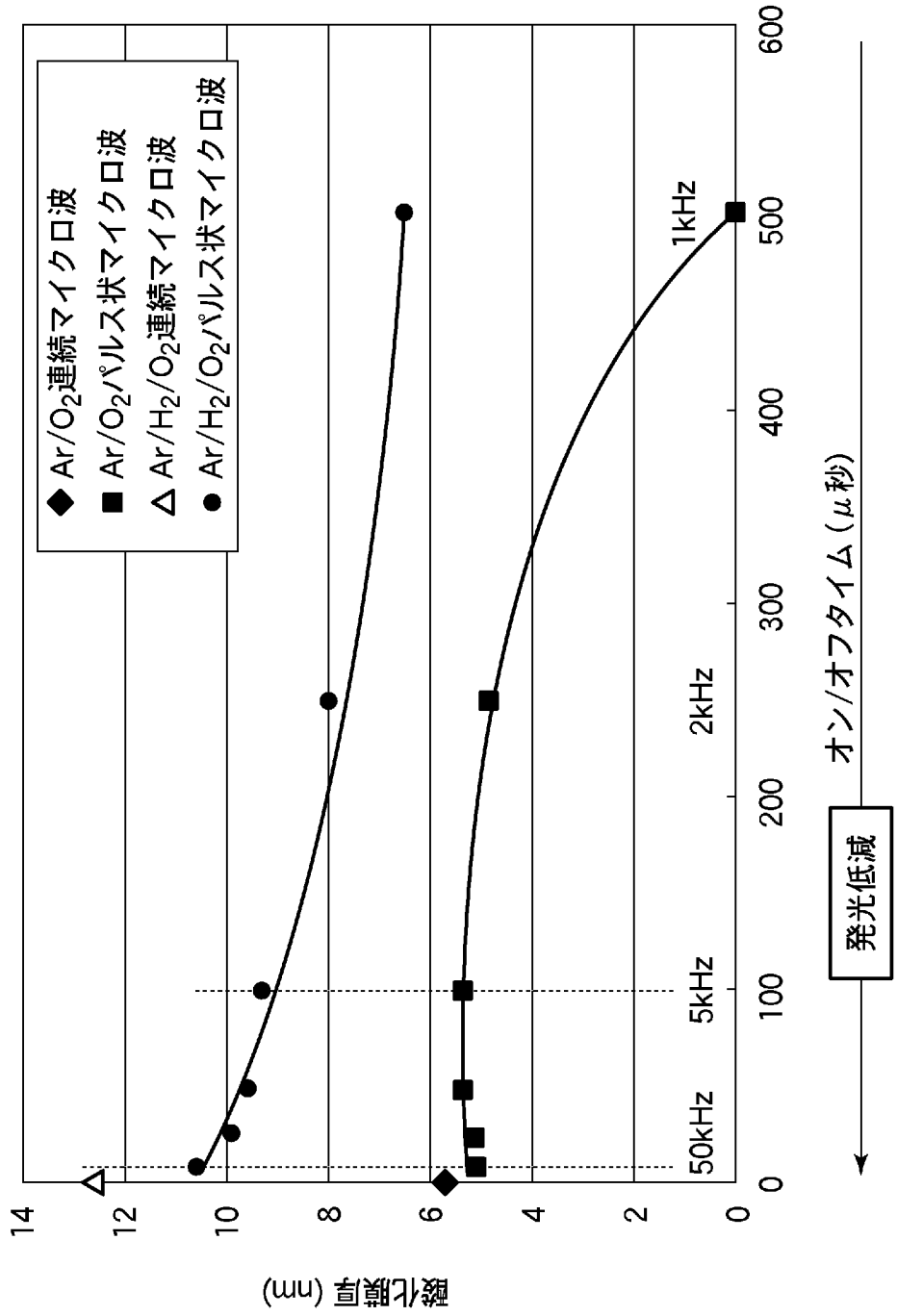
[図5]


250000
200000
150000
100000
50000
0
発光強度 (a.u.)
250
300
310
350
400
波長 (nm)
連続マイクロ波
パルス状
マイクロ波1
パルス状
マイクロ波2

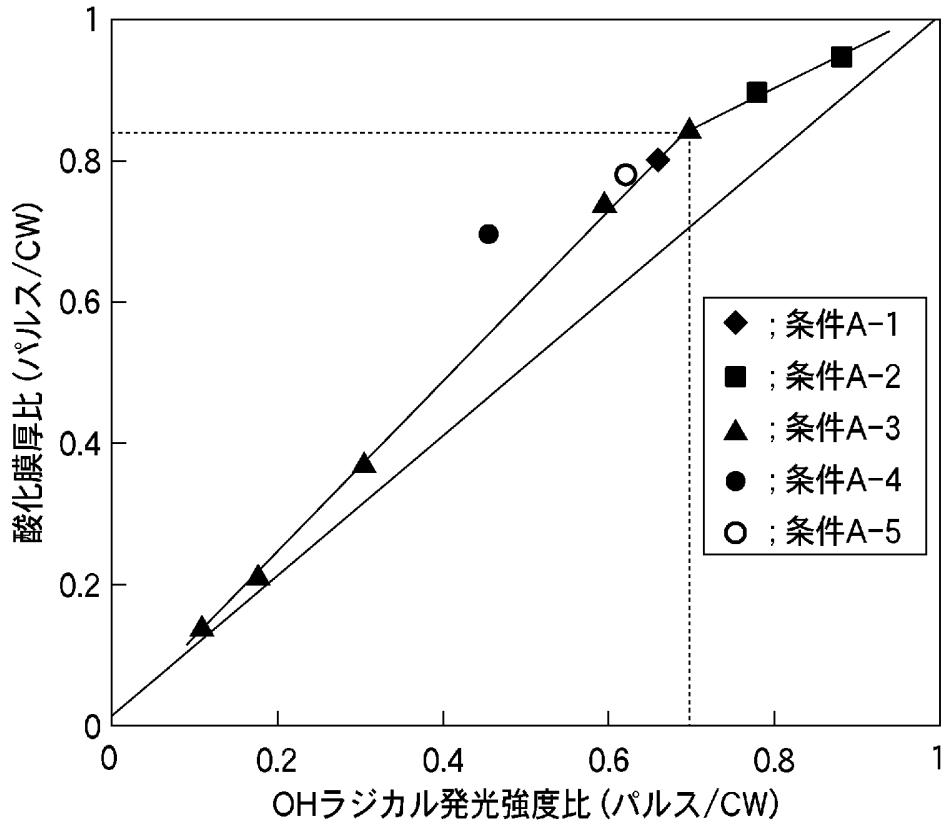
[図6]


発光強度CW比
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
100
200
300
400
500
600
オン/オフタイム（μ秒）
50kHz
5kHz
2kHz
1kHz
Ar/O2
Ar/H2/O2

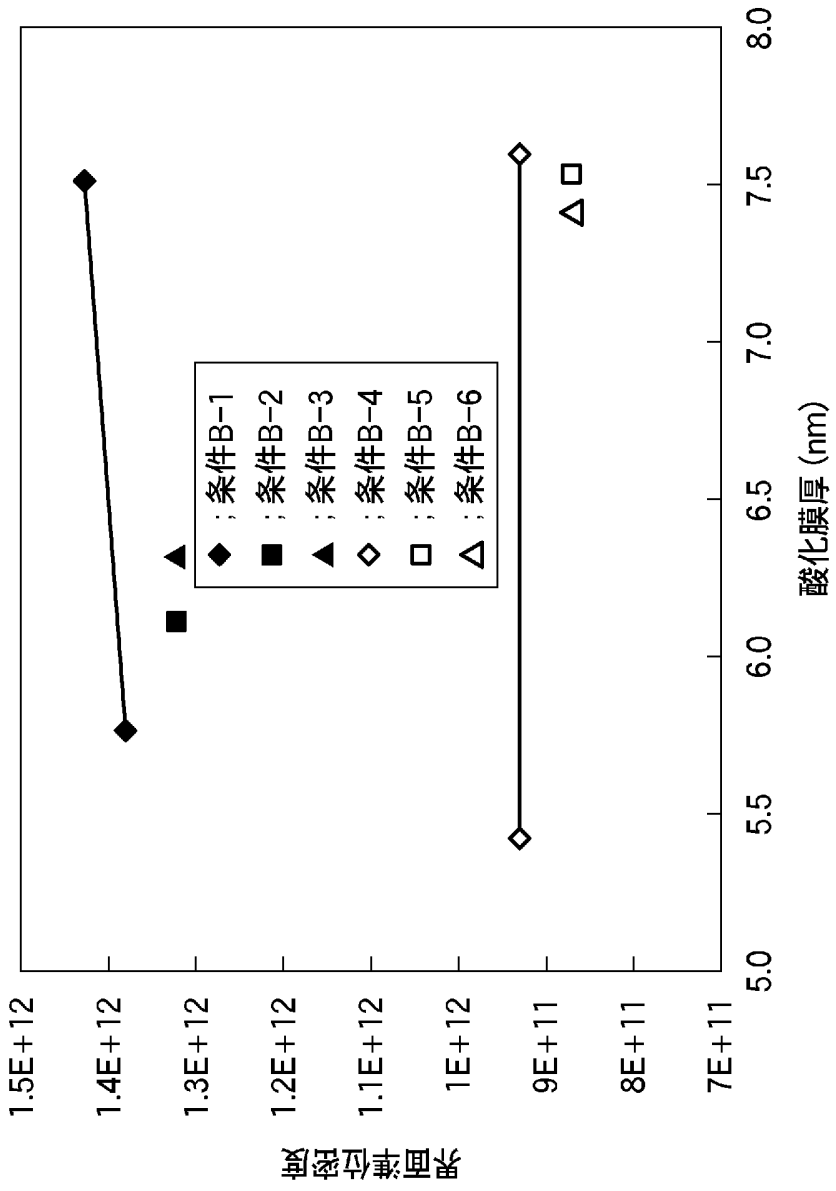
[図7]


◆ Ar/O2連続マイクロ波
■ Ar/O2パルス状マイクロ波
△ Ar/H2/O2連続マイクロ波
● Ar/H2/O2パルス状マイクロ波
酸化膜厚 (nm)
0
2
4
6
8
10
12
14
50kHz
5kHz
2kHz
1kHz
0
100
200
300
400
500
600
オン/オフタイム (μ秒)
発光低減

[図8]


1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
酸化膜厚比（パルス/CW）
OHラジカル発光強度比（パルス/CW）
◆；条件A-1
■；条件A-2
▲；条件A-3
●；条件A-4
○；条件A-5

[図9]


界面準位密度
1.5E+12
1.4E+12
1.3E+12
1.2E+12
1.1E+12
1E+12
9E+11
8E+11
7E+11
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
酸化膜厚 (nm)
条件B-1
条件B-2
条件B-3
条件B-4
条件B-5
条件B-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/300025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/316(2006.01), ***H01L27/14***(2006.01), ***H05H1/46***(2006.01)

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)
H01L21/316, H01L27/14, H05H1/46

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 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

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.
X A	JP 62-76726 A (Fujitsu Ltd.), 08 April, 1987 (08.04.87), Page 2, lower left column, line 5 to lower right column, line 4; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1,2,16-18 3-15
A	JP 9-185999 A (President of Nagoya University), 15 July, 1997 (15.07.97), (Family: none)	1-18

☐ 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	Date of mailing of the international search report
23 March, 2006 (23.03.06)	04 April, 2006 (04.04.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３００２５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　*H01L21/316*（2006.01），*H01L27/14*（2006.01），*H05H1/46*（2006.01）

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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L 21/316, H01L 27/14, H05H 1/46

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６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	関連する請求の範囲の番号
X A	JP ６２－７６７２６ A（富士通株式会社）１９８７．０４．０８， 第２頁左下欄第５行－右下欄第４行、第１－２図 （ファミリーなし）	1,2,16-18 3-15
A	JP ９－１８５９９９ A（名古屋大学長）１９９７．０７．１５ （ファミリーなし）	1-18

☐　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	国際調査報告の発送日
２３．０３．２００６	０４．０４．２００６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
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）　４Ｒ　９５３９
田中　永一
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６９