(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
2014 年 11 月 27 日(27.11.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/188576 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/064451

(22) 国際出願日: 2013 年 5 月 24 日(24.05.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 大岸 厚文(OGISHI, Atsufumi); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 猿渡 哲也(SARUWATARI, Tetsuya); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 鈴木 正康(SUZUKI, Masayasu); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 三科 健(MISHINA, Ken); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目２番８号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (JP).

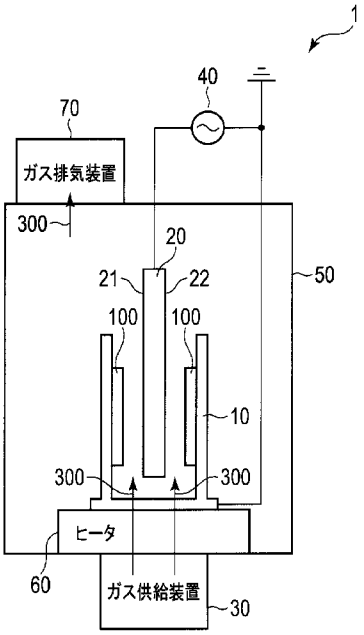
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

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

(54) 発明の名称 : プラズマ処理装置



30 Gas supply apparatus
60 Heater
70 Gas releasing apparatus

(57) **Abstract**: This plasma processing apparatus is provided with: an anode electrode having mounted thereon a substrate to be processed; a cathode electrode having a through hole, which penetrates between two main surfaces that face each other with openings respectively provided therein, and which has tapered opening portions such that the diameter of the openings is larger than the diameter of an intermediate portion, said cathode electrode being disposed such that at least one of the two main surfaces faces the substrate mounted on the anode electrode; a gas supply apparatus that introduces a process gas between the anode electrode and the cathode electrode; and an alternating current power supply, which supplies alternating current power between the anode electrode and the cathode electrode, and which brings the process gas into the alternating current plasma state on the two main surfaces of the cathode electrode.

(57) 要約: 処理対象の基板が装着されるアノード電極と、互いに対向する２つの主面にそれぞれ開口部が設けられて２つの主面間を貫通し、且つ、開口部の口径が中間部分での直径よりも大きいように開口部分にテーパがつけられた貫通孔を有し、２つの主面の少なくとも一方がアノード電極に装着された基板と対向するように配置されたカソード電極と、アノード電極とカソード電極間にプロセスガスを導入するガス供給装置と、アノード電極とカソード電極間に交流電力を供給して、カソード電極の２つの主面上それぞれにおいてプロセスガスを交流プラズマ状態にする交流電源とを備える。

WO 2014/188576 A1

ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, 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（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： プラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマを発生して基板処理を行うプラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造工程において、高精度のプロセス制御が容易であるという利点から、成膜工程、エッチング工程、アッシング工程などにおいてプラズマ処理装置が用いられている。プラズマ処理装置として、例えばプラズマ化学気相成長（ＣＶＤ）装置、プラズマエッチング装置、プラズマアッシング装置などが知られている。例えばプラズマＣＶＤ装置では、高周波電力などにより原料ガスがプラズマ化され、化学反応によって基板上に薄膜が形成される。

[0003] また、プラズマ密度を均一にするためにカソード電極の内部からプロセスガスを供給するシャワー電極を使用したプラズマ処理装置や、高密度のプラズマを発生させるためにホローカソード放電を利用したプラズマ処理装置が提案されている（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００４－２９６５２６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ホローカソード放電を利用したプラズマ処理装置においては、カソード電極に貫通孔や溝を形成することで、カソード電極の表面に凹凸形状の構造体を配置することが一般的である。この構造体においてプラズマ中の電子の衝突が繰り返され、高密度プラズマが発生される。

[0006] ホローカソード放電のためにカソード電極に筒状の貫通孔を形成した場合

、カソード電極の表面は、貫通孔の開口部が配置されているためにプラズマ密度が高い領域と、開口部が配置されていないためにプラズマ密度が低い領域とに分かれる。つまり、カソード電極の表面内でプラズマ密度の偏りが生じ、高密度プラズマ領域と低密度プラズマ領域とが生成される。その結果、基板上に成膜された膜の膜質が面内で一様でなくなるなどの問題が生じる。

[0007] 上記問題点に鑑み、本発明は、貫通孔が形成されたカソード電極の表面におけるプラズマ密度の偏りが抑制されたプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様によれば、（イ）処理対象の基板が装着されるアノード電極と、（ロ）互いに対向する２つの主面にそれぞれ開口部が設けられて前記２つの主面間を貫通し、且つ、開口部の口径が中間部分での直径よりも大きいように開口部分にテーパがつけられた貫通孔を有し、２つの主面の少なくとも一方がアノード電極に装着された基板と対向するように配置されたカソード電極と、（ハ）アノード電極とカソード電極間にプロセスガスを導入するガス供給装置と、（ニ）アノード電極とカソード電極間に交流電力を供給して、カソード電極の２つの主面上それぞれにおいてプロセスガスを交流プラズマ状態にする交流電源とを備えるプラズマ処理装置が提供される。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、貫通孔が形成されたカソード電極の表面におけるプラズマ密度の偏りが抑制されたプラズマ処理装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成を示す模式図である。

[図2]本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置のカソード電極の貫通孔の形状を説明するための、貫通孔の中心軸に沿った断面図である。

[図3]本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置のカソード電極の主面を示す模式図である。

[図4]比較例のカソード電極の貫通孔の形状を説明するための、貫通孔の中心

軸に沿った断面図である。

[図5]キャリアライフタイムの測定結果を示すグラフである。

[図6]成膜レートの測定結果を示すグラフである。

[図7]本発明の実施形態の変形例に係るプラズマ処理装置の構成を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 次に、図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであることに留意すべきである。又、以下に示す実施形態は、この発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、この発明の実施形態は、構成部品の構造、配置などを下記のものに特定するものでない。この発明の実施形態は、請求の範囲において、種々の変更を加えることができる。

[0012] 本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置１は、図１に示すように、処理対象の基板１００が装着されるアノード電極１０と、アノード電極１０に装着された基板１００と対向して配置されたカソード電極２０と、アノード電極１０とカソード電極２０間にプロセスガス３００を導入するガス供給装置３０と、アノード電極１０とカソード電極２０間に交流電力を供給する交流電源４０とを備える。交流電源４０は、供給する交流電力によって、カソード電極２０の第１の主面２１上及び第２の主面２２上それぞれにおいて、プロセスガス３００を交流プラズマ状態にする。

[0013] アノード電極１０とカソード電極２０は平板型であり、プラズマ処理装置１は容量結合型プラズマを利用したものである。容量結合方式の電極間の距離は概略均一であることが好ましい。図１に示した例では、２枚の基板プレートを有するボートタイプのサンプルホルダがアノード電極１０として使用され、基板１００が２つの基板プレートにそれぞれ垂直に装着されている。カソード電極２０の第１の主面２１及び第２の主面２２は、基板１００にそれぞれ対向している。

[0014] カソード電極２０及びアノード電極１０は、チャンバー５０内に配置される。アノード電極１０はヒータ６０上に配置されており、アノード電極１０に装着された基板１００の温度をヒータ６０によって設定可能である。

[0015] チャンバー５０内には、ガス供給装置３０から所定のプロセスガス３００が導入される。そして、チャンバー５０内を排気するガス排気装置７０によってチャンバー５０内の圧力が調整された後、チャンバー５０内でプロセスガス３００がプラズマ化される。

[0016] 図２に示すように、カソード電極２０は、互いに対向する第１の主面２１と第２の主面２２にそれぞれ開口部が設けられ、第１の主面２１と第２の主面２２間を貫通する貫通孔２００を有する。貫通孔２００の開口部分には外側が広くなるようにテーパがつけられているため、貫通孔２００の開口部分は漏斗形状である。

[0017] 表面に開口部が設けられたカソード電極２０は、ホローカソード放電を生じさせるホローカソード電極として機能する。つまり、貫通孔２００内部でのプラズマ生成がホローカソード放電であり、このホローカソード放電においては、電子が貫通孔２００内部に閉じ込められ且つ運動エネルギーを持つことで、高密度電子の空間である高密度プラズマ領域が貫通孔２００に形成される。

[0018] 図３に示すように、ホローカソード放電が生じる多数の貫通孔２００をカソード電極２０の表面に一定の密度で形成することにより、カソード電極２０の第１の主面２１と第２の主面２２に均一の高電子密度電界を容易に形成することができる。これは、高密度プラズマが生成される空間が貫通孔２００であるため、カソード電極２０の第１の主面２１と第２の主面２２間でプラズマの連続性が確保されているためである。つまり、貫通孔２００を介するプラズマの両極性拡散の性質により、第１の主面２１と第２の主面２２間におけるプラズマ密度の濃淡の差が自動的に補正される。このため、プラズマ処理装置１では、カソード電極２０の両面で均一な高密度プラズマ領域の生成が可能である。

[0019] 図４に示すようにテーパのない筒形状である貫通孔２００Ａが形成されたカソード電極２０Ａの場合には、図２に示したカソード電極２０と比較して表面の平面部分が多く、第１の主面２１Ａ及び第２の主面２２Ａに低密度プラズマ領域が生成される面積が広い。このため、カソード電極２０Ａの表面内でプラズマ密度の偏りが大きい。

[0020] これに対し、図２に示したカソード電極２０では、開口部の口径ｄ２が、貫通孔２００の中央部分、即ちカソード電極２０内部での貫通孔２００の直径ｄ１よりも大きいように、貫通孔２００の開口部分にテーパがつけられている。このため、カソード電極２０の第１の主面２１と第２の主面２２における開口部の配置されていない平坦な領域は、貫通孔２００Ａがテーパのない筒形状であるカソード電極２０Ａの場合と比較して小さい。

[0021] 貫通孔２００のテーパを有する開口部分においても高密度プラズマが形成される。したがって、カソード電極２０によれば、低密度プラズマ領域が生成される面積を狭く、高密度プラズマ領域の面積を広くできる。

[0022] その結果、カソード電極２０の表面では全体的にプラズマ密度が高く、例えばカソード電極２０を有するプラズマＣＶＤ装置を用いて形成した膜の膜質が向上するなどの効果を奏する。更に、以下に述べるように、図２に示したカソード電極２０では、ホローカソード放電の効率が低下しにくいという効果を奏する。

[0023] 一般的なプラズマ処理装置においては、処理中はカソード電極上で常時放電されており、カソード電極に薄膜が連続的に堆積される。そして、カソード電極が貫通孔を有する場合、カソード電極の表面のみならず、貫通孔内部にも膜が堆積する。通常、ホローカソード放電により貫通孔内部に堆積した膜は非常に硬度が高く、容易に剥離しない。貫通孔内部に厚く膜が堆積すると、高密度プラズマが発生する領域が減少するため、ホローカソード放電の効率が落ちる。その結果、成膜レートの低下、膜厚分布の悪化、膜質の劣化などの問題が生じる。更に、上記問題の発生頻度が高いと、カソード電極のメンテナンス周期が短くなり、装置ダウンタイムの増加、ランニングコスト

の上昇といった問題が生じる。

[0024] したがって、図４に示したカソード電極２０Ａでは、貫通孔２００内部に堆積した膜が容易に剥離せず、ホローカソード放電の効率が徐々に低下する問題が生じる。

[0025] しかし、図２に示したカソード電極２０では、貫通孔２００の開口部分がテーパ形状であるために、カソード電極２０の第１の主面２１、第２の主面２２及び貫通孔２００の内部に付着する膜は角度を有して形成され、これらの膜には自ら剥離する応力が働く。このため、カソード電極２０を長期間の成膜処理に使用した場合における、貫通孔２００に堆積する膜の累積膜厚が減少する。

[0026] したがって、プラズマ処理装置１によって連続的にプラズマ処理が行われても、カソード電極２０の表面における高密度プラズマが発生する領域の減少が抑制され、ホローカソード放電の効率は低下しない。このため、カソード電極２０のメンテナンス周期を延ばすことができる。

[0027] 図１に示したプラズマ処理装置１は、プラズマＣＶＤ装置、プラズマエッチング装置、プラズマアッシング装置などに適用可能である。

[0028] プラズマ処理装置１をプラズマＣＶＤ装置として使用する場合は、プロセスガス３００として成膜用の原料ガスを含むガスが使用され、ガス供給装置３０からチャンバー５０内にプロセスガス３００が導入される。ガス排気装置７０によってチャンバー５０内のプロセスガス３００の圧力が所定のガス圧に調整された後、交流電源４０により所定の交流電力がカソード電極２０とアノード電極１０間に供給される。これにより、チャンバー５０内のプロセスガス３００がプラズマ化される。形成されたプラズマに基板１００を曝すことにより、原料ガスに含まれる原料を主成分とする所望の薄膜が基板１００の露出した表面に形成される。なお、ヒータ６０によって、成膜処理中の基板１００の温度を設定することにより、成膜レートを速めたり、膜質を向上させたりすることができる。

[0029] 既に説明したように、カソード電極２０の第１の主面２１と第２の主面２

２に均一な高密度プラズマ領域が生成される。このため、カソード電極２０を使用したプラズマＣＶＤ装置によれば、原料ガスが効率よく分解され、高速で大面積に薄膜が基板１００上に均一に形成される。したがって、形成される膜の膜厚、膜質の均一性が向上すると共に、成膜レートが向上する。

[0030] プラズマ処理装置１を採用したプラズマＣＶＤ装置により、原料ガスを適宜選択することによって、所望の薄膜を形成できる。例えば、シリコン半導体薄膜、シリコン窒化薄膜、シリコン酸化薄膜、シリコン酸窒化薄膜、カーボン薄膜などを基板１００上に形成することができる。具体的には、アンモニア（NH_3）ガスとモノシラン（SiH_4）ガスの混合ガスを用いて、基板１００上に窒化シリコン（ＳｉＮ）膜が形成される。或いは、モノシラン（SiH_4）ガスとN_2Oガスの混合ガスを、又はＴＥＯＳガスと酸素ガスを用いて、基板１００上に酸化シリコン（ＳｉＯx）膜が形成される。

[0031] 図５に、図２に示したカソード電極２０を使用したプラズマＣＶＤ装置と図４に示した比較例のカソード電極２０Ａを使用したプラズマＣＶＤ装置とをそれぞれ用いて形成した窒化シリコン膜の、少数キャリアのキャリアライフタイムを測定した結果を示す。

[0032] このとき、カソード電極２０として、主面の面積が２００ｍｍ×２００ｍｍ、厚さｔが５ｍｍの炭素材を用いた。そして、カソード電極２０に、直径ｄ１が５ｍｍ、口径ｄ２が７ｍｍの貫通孔２００を形成した。貫通孔２００は、最近接の貫通孔２００同士の中心間距離（ピッチ）が７．５ｍｍであるように配置した。

[0033] 一方、比較例のカソード電極２０Ａとして、直径ｄ１が５ｍｍの筒形状の貫通孔２００Ａが６．５ｍｍピッチで配置された炭素材を用いた。カソード電極２０Ａの主面の面積は２００ｍｍ×２００ｍｍ、厚さｔは５ｍｍである。

[0034] アノード電極１０には２００ｍｍ×２００ｍｍのカーボン板を使用し、基板１００にはＣＺ－Ｎ型シリコン基板を使用した。そして、SiH_4ガスの流量が２１５ｓｃｃｍ、NH_3ガスの流量が９５０ｓｃｃｍ、チャンバー５０内

の圧力が６７Ｐａのプロセス条件で、カソード電極２０とアノード電極１０間、及びカソード電極２０Ａとアノード電極１０間に周波数２５０ｋＨｚ、７００Wの高周波電力を印加してプラズマ放電を行い、基板１００上に窒化シリコン膜を成膜した。また、成膜時にはヒータ６０によってアノード電極１０を４５０℃に加熱した。

[0035] 図５において、特性Ｃ１～Ｃ３がカソード電極２０を使用した場合における測定結果であり、特性Ｃ１が成膜直後のキャリアライフタイム、特性Ｃ２が成膜後に基板１００を７００℃に加熱した場合のキャリアライフタイム、特性Ｃ３が成膜後に基板１００を８００℃に加熱した場合のキャリアライフタイムである。また、特性Ａ１～Ａ３がカソード電極２０Ａを使用した場合における測定結果であり、特性Ａ１が成膜直後のキャリアライフタイム、特性Ａ２が成膜後に基板１００を７００℃に加熱した場合のキャリアライフタイム、特性Ａ３が成膜後に基板１００を８００℃に加熱した場合のキャリアライフタイムである。キャリアライフタイムは、レーザが照射されたサンプルに発生するキャリアの量を測定するμ－ＰＣＤ法により測定した。

[0036] 図５に示すように、成膜直後のキャリアライフタイムは、カソード電極２０Ａを使用した場合に１８３５μ秒であるのに対し、カソード電極２０を使用した場合には２５８５μ秒である。つまり、カソード電極２０を使用して形成した窒化シリコン膜のキャリアライフタイムの方が、カソード電極２０Ａを使用した場合よりも長い。カソード電極２０Ａとカソード電極２０を使用したいずれの場合も、基板１００を７００℃又は８００℃に加熱した場合のキャリアライフタイムは、成膜直後に比べて長い。しかし、基板１００を７００℃又は８００℃に加熱した温度のいずれにおいても、カソード電極２０を使用した場合の方がカソード電極２０Ａを使用した場合に比べてキャリアライフタイムが長い。即ち、開口部分がテーパ形状である貫通孔２００を形成したカソード電極２０を使用した場合の方が、テーパのない筒形状である貫通孔２００Ａを形成したカソード電極２０Ａを使用した場合よりも、形成された膜の膜質がよいことが確認された。

[0037] 図５に示したキャリアライフタイムを測定した窒化シリコン膜の形成に使用したプラズマＣＶＤ装置を用いて、連続使用における成膜レートを測定した結果を、図６に示す。この測定では、１日あたり累計１０．８時間の放電により行う７０μｍの厚さの成膜処理を、１０日間実施した。図６において、特性Ｃ４がカソード電極２０を使用した場合における成膜レート、特性Ａ４がカソード電極２０Ａを使用した場合における成膜レートである。

[0038] 図６に示すように、カソード電極２０Ａとカソード電極２０を使用したいずれの場合も、使用開始から５日後までは１００ｎｍ／ｍｉｎ以上の成膜レートである。しかし、カソード電極２０Ａを使用した場合には、５．２日目以降から成膜レートが低下し始め、１０日後では７４．３ｎｍ／ｍｉｎに低下した。一方、カソード電極２０を使用した場合には、７．６日までは成膜レートが１００ｎｍ／ｍｉｎ以上であり、その後に成膜レートが低下し始めた。１０日後の成膜レートは８９．５ｎｍ／ｍｉｎである。即ち、カソード電極２０を使用した場合の方がカソード電極２０Ａを使用した場合よりも、成膜レートの安定期間が長いことが確認された。

[0039] 上記の測定において、厚みｔが５ｍｍのカソード電極２０について、貫通孔２００の中央部分の直径ｄ１を５ｍｍ、開口部の口径ｄ２を７ｍｍとした。そして、貫通孔２００の筒状の中央部分の長さｔ１を１．８ｍｍ、テーパが形成される開口部分の長さｔ２を１．６ｍｍとしたために、テーパ角は約３２度である。ここでテーパ角は、貫通孔２００の中央部分の内壁が延伸する方向と開口部分が延伸する方向とのなす鋭角である。プラズマが安定して形成されるためには、テーパ角は３０度～６０度程度が好ましく、貫通孔２００の中心部分の直径ｄ１は３ｍｍ～６ｍｍ程度が好ましい。

[0040] また、貫通孔２００は、カソード電極２０の表面にできるだけ数多く形成することが好ましい。つまり、開口部が配置されていない領域をできるだけ小さくするように、カソード電極２０に貫通孔２００を形成する。例えば六方最密配置などのように、カソード電極２０の表面に開口部が最密に配置されるように、貫通孔２００を形成する。これにより、カソード電極２０の表

面で均一に高密度のプラズマが形成される。上記では貫通孔２００の開口部が円形である例を示したが、開口部が多角形であってもよい。

[0041] カソード電極２０には安価且つ加工が容易で、洗浄などのメンテナンスが容易なカーボン材などが好適である。例えばフッ酸処理によって、カーボン材からなるカソード電極２０を洗浄できる。また、カーボン材を使用することにより、プラズマ処理工程における高温によるカソード電極２０の変形が生じない。他に、カーボン繊維入りカーボン、アルミニウム合金、ステンレス合金、銅、銅合金、ガラス、セラミックスなどをカソード電極２０に使用できる。または、上記の材料にアルマイト処理、めっき、溶射でコーティングを施してもよい。

[0042] アノード電極１０についても、カソード電極２０と同様の材料を使用可能である、例えば、アノード電極１０にカーボン材が好適に用いられる。

[0043] なお、プラズマ処理装置１では、アノード電極１０とカソード電極２０間に、下方から上方に向かってプロセスガス３００を導入することが好ましい。下方からプロセスガス３００を導入することにより、比重の軽いプラズマ化したガス分子、ラジカル粒子は上方流としてカソード電極２０の表面を自然に流れ上がる。したがって、シャワー電極のような複雑な構造を用いなくても、カソード電極２０の表面にプロセスガス３００が均一に供給される。

[0044] 以上に説明したように、本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置１によれば、カソード電極２０の貫通孔２００の開口部分をテーパ形状にすることによって、カソード電極２０の表面において均一な高密度プラズマ領域を広範囲に形成することができる。このため、カソード電極２０の第１の主面２１及び第２の主面２２におけるプラズマ密度の偏りが抑制される。更に、貫通孔２００の内部における膜の堆積を抑制できるため、カソード電極２０のメンテナンス周期が長く、装置ダウンタイムの減少、ランニングコストの低下を実現できる。

[0045] ＜変形例＞

プラズマ処理装置１が、複数のカソード電極２０を有する例を図７に示す

。図７に示したプラズマ処理装置１では、アノード電極１０として使用されるサンプルホルダの基板プレートとカソード電極２０とが交互に配置され、且つ、最も外側には基板プレートが配置されている。図７ではカソード電極２０が３枚である例を示したが、カソード電極２０の枚数が３枚に限られないことはもちろんである。

[0046] 図７に示した構成を採用することにより、アノード電極１０に搭載される基板１００の枚数を増やすことができる。これにより、プラズマ処理装置１の処理能力が向上する。

[0047] （その他の実施形態）

上記のように、本発明は実施形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

[0048] 既に述べた実施形態においては、プラズマ処理装置１をプラズマＣＶＤ装置に適用した例を説明した。プロセスガス３００のガス種を替えることによって、プラズマ処理装置１をプラズマエッチング装置やプラズマアッシング装置などに適用可能である。

[0049] 例えば、プラズマエッチング用ガスをプロセスガス３００としてチャンバー５０内に導入することによって、基板１００上に形成された膜をエッチング除去するプラズマエッチング装置を実現できる。プラズマエッチング用ガスはエッチング対象の材料によって適宜選択されるが、例えば、三フッ化窒素（NF_3）ガスや四フッ化炭素（CF_4）ガスなどのフッ素系ガスを採用可能である。

[0050] また、プラズマアッシング用ガスをプロセスガス３００としてチャンバー５０内に導入することによって、カソード電極２０を用いたプラズマアッシング装置を実現できる。例えば、プロセスガス３００として酸素及びアルゴンガスを使用することにより、エッチング用マスクとして基板１００に形成されたカーボン膜やフォトレジスト膜などをアッシングできる。

[0051] 上記のように、カソード電極２０の第１の主面２１及び第２の主面２２において均一の高密度プラズマ領域を安定して生成することができるプラズマ処理装置１を使用することにより、プラズマエッチング装置、プラズマアッシング装置などの処理速度や精度を向上できる。

[0052] このように、本発明はここでは記載していない様々な実施形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

産業上の利用可能性

[0053] 本発明のプラズマ処理装置は、貫通孔を有するカソード電極の両面に高密度のプラズマを生成する用途に利用可能である。

請求の範囲

[請求項1] 処理対象の基板が装着されるアノード電極と、

互いに対向する２つの主面にそれぞれ開口部が設けられて前記２つの主面間を貫通し、且つ、前記開口部の口径が中間部分での直径よりも大きいように開口部分にテーパがつけられた貫通孔を有し、前記２つの主面の少なくとも一方が前記アノード電極に装着された前記基板と対向するように配置されたカソード電極と、

前記アノード電極と前記カソード電極間にプロセスガスを導入するガス供給装置と、

前記アノード電極と前記カソード電極間に交流電力を供給して、前記カソード電極の２つの前記主面上それぞれにおいて前記プロセスガスを交流プラズマ状態にする交流電源と

を備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

[請求項2] 前記カソード電極の前記２つの主面にそれぞれ対向して配置された２つの前記アノード電極を有することを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3] 前記カソード電極を複数備えることを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記アノード電極及び前記カソード電極の少なくともいずれかがカーボンからなることを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記カソード電極の表面に前記開口部が最密に配置されていることを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

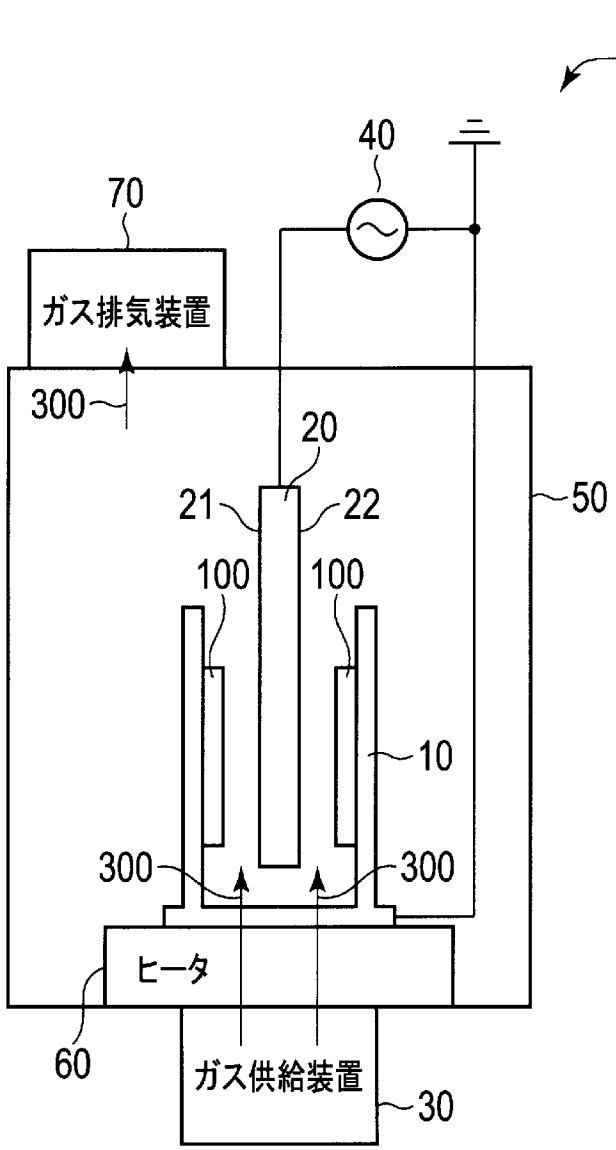
[請求項6] 前記プロセスガスとして成膜用の原料ガスを含むガスを使用して、前記アノード電極上に配置された前記基板に前記原料ガスに含まれる原料を主成分とする膜を形成することを特徴とする請求項１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記アノード電極上に配置された前記基板の表面に形成された膜を

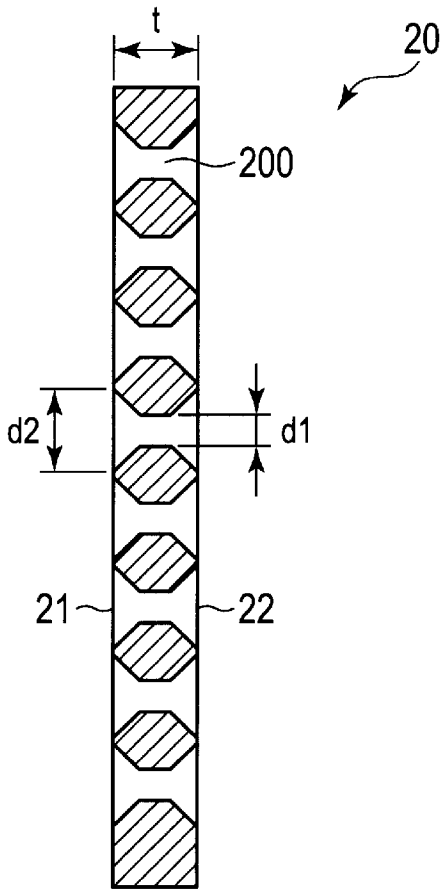
エッチングするガスを前記プロセスガスとして使用することを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

［請求項8］ 前記プロセスガスとして酸素ガス及びアルゴンガスを含むガスを使用して、前記アノード電極上に配置された前記基板の表面に形成された膜をアッシングすることを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

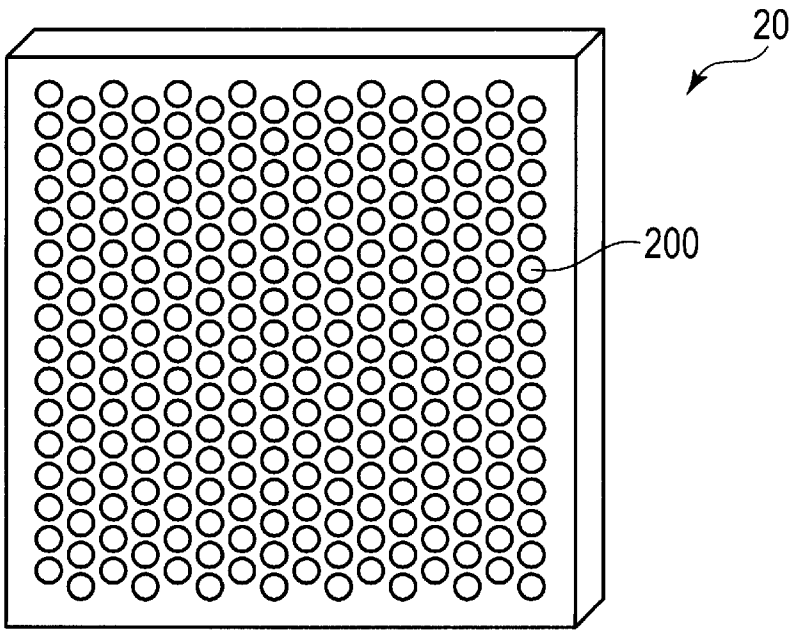
[図1]



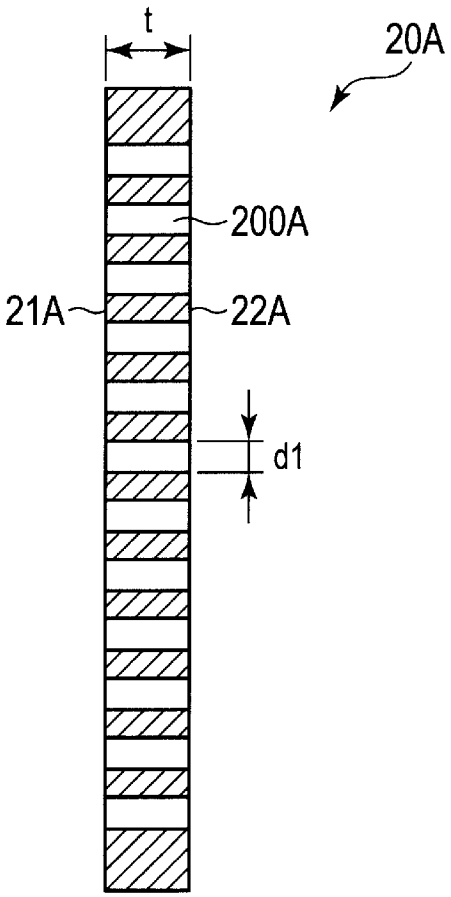
[図2]



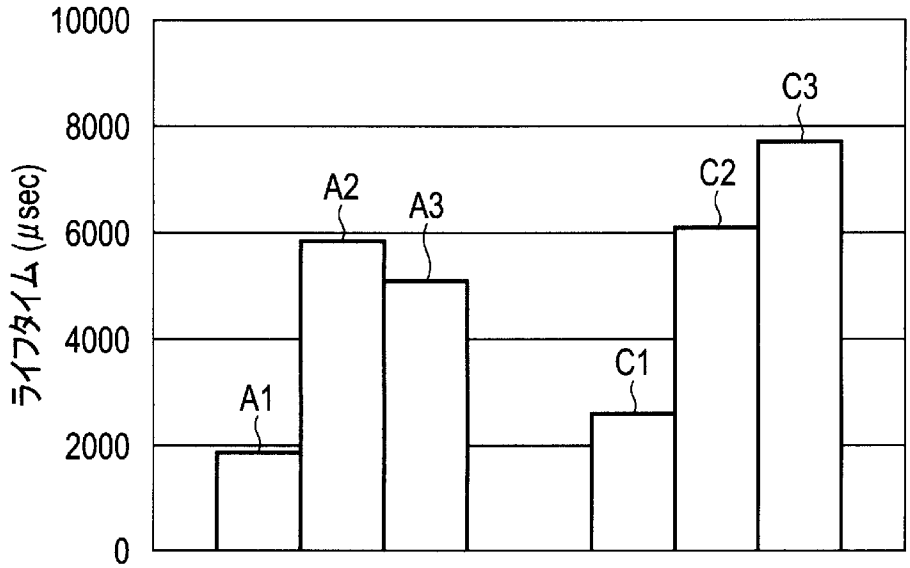
[図3]



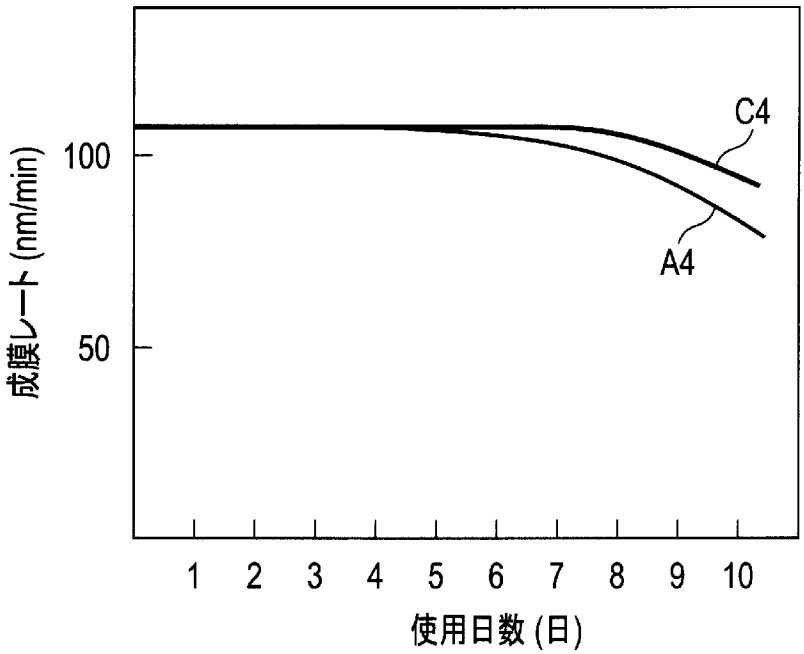
[図4]


t
20A
200A
21A
22A
d1

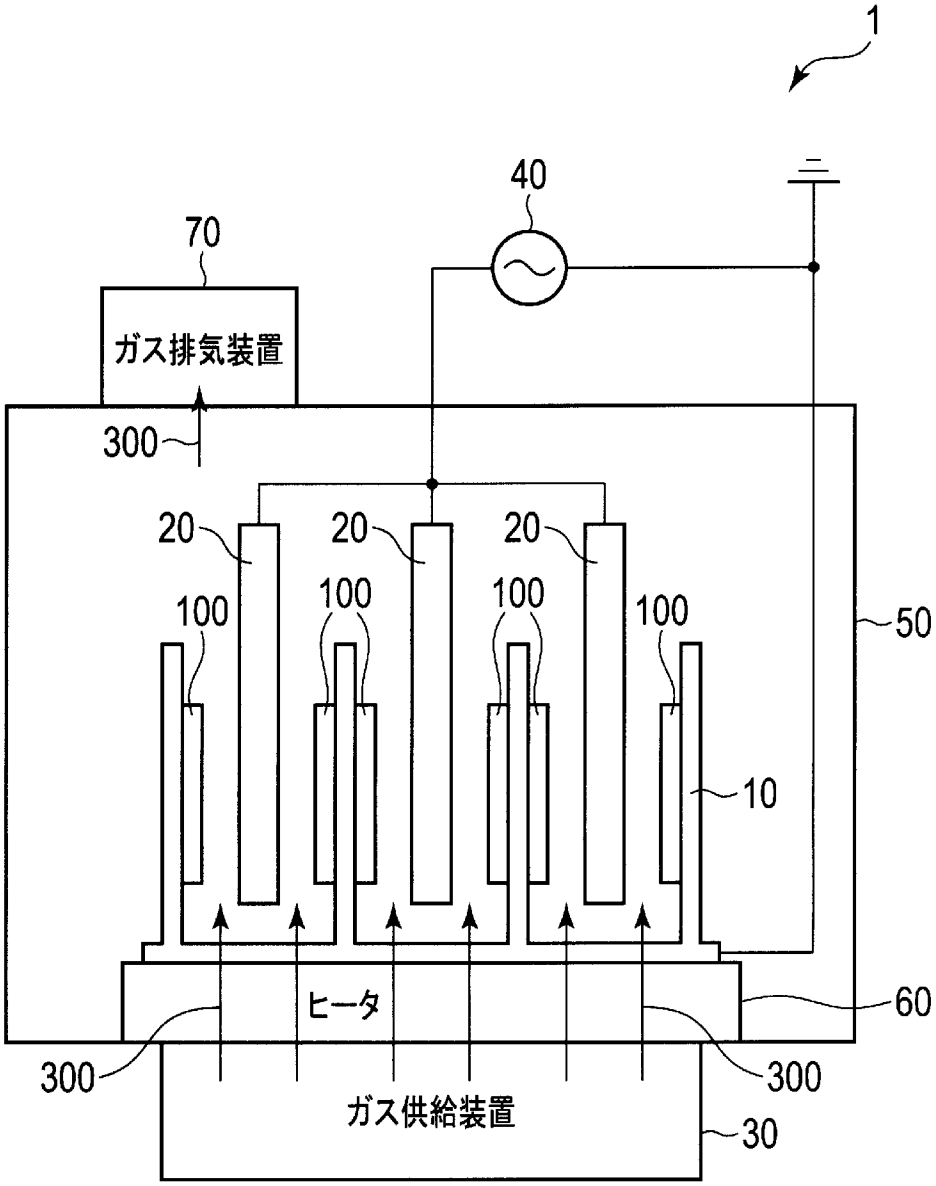
[図5]


10000
8000
6000
4000
2000
0
ライフタイム (μsec)
A1
A2
A3
C1
C2
C3

[図6]



[図7]


1
40
70
ガス排気装置
300
20
20
20
100
100
100
100
50
10
ヒータ
60
300
300
ガス供給装置
30

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/064451

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/31(2006.01)i, *H01L21/3065*(2006.01)i, *H05H1/46*(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)
H01L21/31, H01L21/3065, 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 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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.
Y	WO 2013/046286 A1 (Shimadzu Corp.), 04 April 2013 (04.04.2013), paragraphs [0010] to [0057] (Family: none)	1-8
Y	JP 2009-228054 A (Shimadzu Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), paragraphs [0015] to [0038] (Family: none)	1-8
Y	WO 2013/008344 A1 (Shimadzu Corp.), 17 January 2013 (17.01.2013), paragraphs [0011] to [0074] (Family: none)	7,8

☐ 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
30 July, 2013 (30.07.13)	20 August, 2013 (20.08.13)
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／ＪＰ２０１３／０６４４５１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/31(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H05H1/46(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/31, H01L21/3065, H05H1/46

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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
Y	WO 2013/046286 A1（株式会社島津製作所）2013.04.04, [0010]～[0057]（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2009-228054 A（株式会社島津製作所）2009.10.08, 【0015】～【0038】（ファミリーなし）	1-8
Y	WO 2013/008344 A1（株式会社島津製作所）2013.01.17, [0011]～[0074]（ファミリーなし）	7,8

☐　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 ３０．０７．２０１３	国際調査報告の発送日 ２０．０８．２０１３
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　９０５５ 今井　淳一 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４７１