(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
2007 年12 月6 日 (06.12.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/139142 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) *H01L 27/115* (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01) *H01L 29/78* (2006.01)
C23C 16/511 (2006.01) *H01L 29/788* (2006.01)
H01L 21/318 (2006.01) *H01L 29/792* (2006.01)
H01L 21/8247 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/060976

(22) 国際出願日: 2007 年5 月30 日 (30.05.2007)

(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2006-152434 2006 年5 月31 日 (31.05.2006) 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

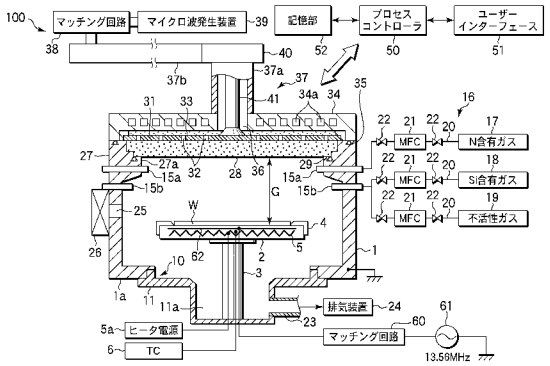
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鴻野 真之 (KOHNO, Masayuki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町１－８ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Hyogo (JP). 西田 辰夫 (NISHITA, Tatsuo) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町１－８ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Hyogo (JP). 中西 敏雄 (NAKANISHI, Toshio) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町１－８ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 高山 宏志 (TAKAYAMA, Hiroshi); 〒1070052 東京都港区赤坂２丁目１０番８号第一信和ビル７階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PLASMA CVD METHOD, METHOD FOR FORMING SILICON NITRIDE FILM, METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE AND PLASMA CVD METHOD

(54) 発明の名称: プラズマＣＶＤ方法、窒化珪素膜の形成方法、半導体装置の製造方法およびプラズマＣＶＤ装置



(57) **Abstract:** A plasma processing apparatus is provided with a process chamber which can be vacuumized; a placing table for placing a subject to be processed in the processing chamber; a microwave generating source for generating microwaves; a planar antenna, which has a plurality of slots and introduces the microwaves generated by the microwave generating source into the process chamber through the slots; a gas supply mechanism for supplying a film forming material gas into the process chamber; and a high-frequency power supply for supplying the placing table with high-frequency power. By using such plasma processing apparatus, a nitrogen containing gas and a silicon containing gas introduced into the process chamber are brought into the plasma state, and at the time of depositing a silicon nitride film on the surface of the substrate by the plasma, the placing table is supplied with high-frequency power.

(57) 要約: 真空排気可能な処理室と、処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置を用い、処理室内に導入した窒素含有ガスとシリコン含有ガスをマイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させる際に、載置台に高周波電力を供給する。

WO 2007/139142 A1

(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, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, 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, MT, 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CVD方法、窒化珪素膜の形成方法、半導体装置の製造方法およびプラズマCVD装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマによるCVD(Chemical Vapor Deposition)方法、これを利用した窒化珪素膜の形成方法および半導体装置の製造方法、ならびにこれらのプロセスに用いるプラズマCVD装置に関する。

背景技術

[0002] 窒化珪素膜は、各種半導体装置における絶縁膜や保護膜等として使用されている。このような窒化珪素膜は、例えば、原料ガスとしてシラン(SiH_4)などのシリコン含有化合物のガスと、窒素やアンモニアのような窒素含有化合物のガスを使用するプラズマCVD法により形成できることが知られている(例えば、特開2000－260767号公報)。

[0003] 従来のプラズマCVD法により形成される窒化珪素膜においては、デバイス特性に悪影響を及ぼす膜の応力、すなわち引張り(Tensile)ストレスおよび圧縮(Compressive)ストレスを抑制することが重要な課題であった。例えば窒化珪素膜の圧縮ストレスが大きい場合には、膜直下の金属配線がストレスにより断線を引き起こすストレスマイグレーションが発生することが知られており、これを防止するためには圧縮ストレスを小さく抑える必要がある。窒化珪素膜のストレスの方向(引張りストレスであるか圧縮ストレスであるか)や大きさは、プラズマCVD法の場合、圧力、温度、成膜ガス種などの成膜条件に左右されることから、従来は窒化珪素膜に強いストレスが生じない条件を選定してプラズマCVD法による成膜が行なわれてきた(例えば、前田和夫「VLSIとCVD」槇書店，1997年7月31日発行)

[0004] 近年ある種のデバイスにおいて、窒化珪素膜のストレスを積極的に利用してデバイス特性を改善しようする試みがなされている。しかし、例えば平行平板方式や誘導結合型のプラズマCVD装置では、比較的高い電子温度のプラズマを用いるため、高いストレスを導入する目的で高周波出力、圧力、温度などの条件を変えようとすると、成

膜された窒化珪素膜にプラズマダメージが入りやすい成膜条件となるので、良質な窒化珪素膜を得ることが難しいという問題がある。このため、高ストレスの膜を成膜することが困難である。また、プラズマ処理条件の選択範囲が限られるため、ストレスを高精度に制御することも困難になる。

発明の開示

[0005] 本発明の目的は、成膜される窒化珪素膜に高いストレスを持たせることができ、かつプラズマダメージが少ないプラズマCVD方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、このようなプラズマCVDを用いて所望のストレスを導入することができる窒化珪素膜の形成方法を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、このような窒化珪素膜を用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、上記のようなプラズマCVD方法を実施することができるプラズマCVD装置を提供することにある。

[0006] 本発明の第1の観点によれば、真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置を準備することと、前記載置台に被処理基板を載置することと、前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することとを含む、プラズマCVD方法が提供される。

[0007] 本発明の第2の観点によれば、真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置

を準備することと、前記載置台に被処理基板を載置することと、前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することとを含む、窒化珪素膜の形成方法が提供される。

[0008] 上記第1の観点および第2の観点において、前記高周波電力のパワー密度は、0.0032～1.59W／cm^2、周波数は、400kHz～27MHzから選択することができる。また、1000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成することができ、この場合には、0.1Pa以上53Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させることが好ましい。さらに、2000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成することができ、この場合には、0.1Pa以上40Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させることが好ましい。さらにまた、3000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成することができ、この場合には、5Pa以上25Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させることが好ましく、前記高周波電力のパワー密度を0.016～0.127W／cm^2とすることが好ましい。 さらにまた、3500MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成することができ、この場合には、7Pa以上16Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させることが好ましく、前記高周波電力のパワー密度を0.032～0.095W／cm^2とすることが好ましい。

[0009] また、前記窒素含有ガスとしてアンモニアガスまたは窒素ガスを用いることできる。さらに、前記シリコン含有ガスとしてジシラン（Si_2H_6）を用いることができる。さらにまた、前記窒化珪素膜を堆積させる際の処理温度は300℃～800℃とすることができる。

[0010] 本発明の第3の観点によれば、半導体基板の主面に絶縁膜を介してゲート電極が形成され、その両側の主面領域にソースおよびドレインが形成された構造体を準備することと、前記ゲート電極ならびににソースおよびドレインを被覆するように窒化珪素膜を形成することとを含む半導体装置の製造方法であって、前記窒化珪素膜は、真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前

記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構とを備えたプラズマ処理装置を準備することと、前記載置台に被処理基板を載置することと、前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することと
を含む方法によって形成される、半導体装置の製造方法が提供される。

[0011] 本発明の第4の観点によれば、コンピュータ上で動作し、真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置を制御するプログラムが記憶された記憶媒体であって、前記プログラムは、実行時に、前記載置台に被処理基板を載置することと、前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することとを含む、プラズマCVD方法が行われるように、コンピュータに前記プラズマ処理装置を制御させる記憶媒体が提供される。

[0012] 本発明の第5の観点によれば、真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、 前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源と、前記載置台に被処理基板を載置することと、前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することとを含む、プラズマCVD方法が行われるように制御する制御部とを備えた、プラズマ処理装置が提供される。

[0013] 本発明の第6の観点によれば、プラズマを用いて被処理基板を処理するための真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理基板を載置する載置台と、前記処理室内にマイクロ波を導入する複数のスロットを有する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えた、プラズマCVD装置が提供される。

[0014] 本発明によれば、真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置を用い、前記載置台に高周波電力を供給して窒化珪素膜を堆積させることにより、高い圧縮ストレス例えば1000MPa以上、好ましくは2000MPa以上、より好ましくは3000MPa以上、望ましくは3500MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を形成することができる。しかも、この効果は、成膜ガスの種類に関わらず得ることができる。

[0015] また、複数のスロットを有する平面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プラズマ処理装置は、低電子温度かつ高密度のプラズマ処理が可能であることから、プラズマCVDにおけるプラズマダメージを極力低減できる。そのため、前記プラズマ処理装置を用いることにより、窒素含有ガスの種類、処理圧力などのプラズマCVD条件の選択の幅が広くなり、窒化珪素膜のストレスの制御性を高めることができる。

[0016] このように本発明のプラズマCVD方法は、窒化珪素膜に高い圧縮ストレスを付与できるとともに、プラズマダメージを抑制できる方法であるため、各種半導体装置の製造過程でストレスを有する窒化珪素膜を成膜する際に有利に利用することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明方法の実施に適したプラズマ処理装置の一例を示す概略断面図。

[図2]図1のプラズマ処理装置の平面アンテナ部材を示す平面図。

[図3]プラズマにラングミュアプローブを挿入して印加電圧を掃引した場合の一般的な電流－電圧特性を示す図。

[図4]バイアスパワーを変化させた場合の電流—電圧特性を示す図。

[図5]バイアスパワー密度とプラズマの電子温度との関係を示す図。

[図6]ストレスを有する窒化珪素膜を被覆膜として使用したMOSトランジスタの断面構造を模式的に示す図。

[図7A]本発明の一実施形態に係るプラズマCVD方法を適用した半導体装置の製造方法の工程を示す工程断面図であり、窒化珪素膜の形成前の状態を示す図。

[図7B]本発明の一実施形態に係るプラズマCVD方法を適用した半導体装置の製造方法の工程を示す工程断面図であり、プラズマCVD処理をしている状態を示す図。

[図7C]本発明の一実施形態に係るプラズマCVD方法を適用した半導体装置の製造方法の工程を示す工程断面図であり、プラズマCVDによるストレスを有する窒化珪素膜を成膜後の状態を示す図。

[図8]ストレスを有する窒化珪素膜を被覆膜として使用したCMOSトランジスタの断面構造を模式的に示す図。

[図9]ストレスを有する窒化珪素膜を被覆膜として使用した不揮発性メモリの断面構造を模式的に示す図。

[図10]窒化珪素膜のストレスとプラズマCVDにおける圧力条件との関係を示すグラフ。

[図11]窒化珪素膜のストレスとプラズマCVDにおけるRFパワー条件との関係を示すグラフ。

[図12]N_2／Si_2H_6系の処理ガスを用いた場合における窒化珪素膜のストレスとプラズマCVDにおける処理圧力との関係を示すグラフ。

[図13]N_2／Si_2H_6系の処理ガスを用いた場合における窒化珪素膜のストレスとプラズマCVDにおける処理圧力別のRFパワー条件との関係を示すグラフ。

[図14]NH_3／Si_2H_6系の処理ガスを用いた場合における窒化珪素膜のストレスとプラズマCVDにおける処理圧力別のRFパワー条件との関係を示すグラフ。

[図15]窒化珪素膜のストレスとプラズマCVDにおける数RFパワー条件との関係を周波数が400kHzの場合と13．56MHzの場合とを比較して示すグラフ。

[図16]窒化珪素膜のストレスとアニール時間との関係を示すグラフ。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 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、本発明方法における窒化珪素膜の形成に利用可能な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100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励起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、1×10^{10}～5×10^{12}／cm^3のプラズマ密度で、かつ0．7～2eVの低電子温度のプラズマによる処理が可能である。従って、各種半導体装置の製造過程においてプラズマCVDによる窒化珪素膜の成膜処理などの目的で好適に利用可能なものである。

[0019] 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。なお、チャンバー1は角筒形状でもよい。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。この排気室11は、排気管23を介して排気装置24に接続されている。

[0020] チャンバー1内には被処理基板であるシリコンウエハ(以下、単に「ウエハ」と記す)Wを水平に支持するため、熱伝導性の高いAlN等のセラミックスからなる載置台2が設けられている。この載置台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。載置台2には、その外縁部をカバーし、ウエハWをガイドするためのカバーリング4が設けられている。このカバーリング4は、例えば石英、AlN、Al_2O_3、SiN等の材質で構成された部材である。

[0021] 載置台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5aから給電されることにより載置台2を加熱して、その熱で被処理基板であるウエハWを均一に加熱する。また、載置台2には、熱電対6が配備されており、ウエハWの加熱温度を、例えば室温から900℃までの範囲で温度制御可能となっている。さらに、載置台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

載置台2の表面に対して突没可能に設けられている。

[0022] また、載置台2には、マッチング回路60を介してバイアス用の高周波電源61が接続されている。この高周波電源61から所定の周波数例えば400kHz～27MHz、具体的には400kHz、13．56MHzなどの周波数で1～500Wの高周波電力を載置台2に埋設された電極62に供給出来るように構成されている。この電極62は、例えばモリブデン、タングステンなどの導電性材料により、例えば網目状に形成されている。なお、本発明では、後述するように載置台2に所定の出力で高周波電力を供給することにより、強い圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成できる。

[0023] 後述するアッパープレート27およびチャンバー1の側壁には、環状をなすガス導入部15aおよび15bが上下2段に設けられており、各ガス導入部15aおよび15bには成膜原料ガスやプラズマ励起用ガスを供給するガス供給系16が接続されている。なお、ガス導入部15aおよび15bはノズル状またはシャワー状に配置してもよい。

[0024] ガス供給系16は、例えば窒素含有ガス供給源17、Si含有ガス供給源18および不活性ガス供給源19を有している。窒素含有ガス供給源17は、上部のガス導入部15aに接続され、Si含有ガス供給源18および不活性ガス供給源19は、下部のガス導入部15bに接続されている。

[0025] 成膜原料ガスである窒素含有ガスとしては、例えばN_2、アンモニア、MMH（モノメチルヒドラジン）などを用いることができる。

また、他の成膜原料ガスであるSi含有ガスとしては、例えばシラン（SiH_4）、ジシラン（Si_2H_6）、トリシリルアミン[$(SiH_3)_3N$]などを用いることができるが、特にジシラン（Si_2H_6）が好ましい。

[0026] さらに、不活性ガスとしては、例えばN_2ガスや希ガスなどを用いることができる。プラズマ励起用ガスである希ガスとしては、例えばArガス、Krガス、Xeガス、Heガスなどを用いることができるが、特にArガスが好ましい。

[0027] 窒素含有ガスは、ガスライン20を介してガス導入部15aに至り、ガス導入部15aからチャンバー1内に導入される。一方、Si含有ガスおよび不活性ガスは、それぞれガスライン20を介してガス導入部15bに至り、ガス導入部15bからチャンバー1内に導入される。各ガス供給源に接続する各々のガスライン20には、マスフローコントローラ

21およびその前後に開閉バルブ22が設けられており、供給されるガスの切替えや流量等の制御が出来るように構成されている。なお、Arなどのプラズマ励起用の希ガスは任意のガスであり、必ずしも成膜原料ガスと同時に供給しなくてもよい。

[0028] 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前述の排気装置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、載置台2の外周下方に沿って排気室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。

[0029] 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。

[0030] チャンバー1の上部は開口部となっており、この開口部には環状のアッパープレート27が接合される。アッパープレート27の内周下部には、内側のチャンバー内空間へ向けて突出する環状の支持部27aが形成されている。この支持部27a上に、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。

[0031] 透過板28の上方には、載置台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。なお、平面アンテナ部材の形状は、円板状に限らず、例えば四角板状でもよい。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、マイクロ波を放射する多数のスロット状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。

[0032] マイクロ波放射孔32は、例えば図2に示すように長い形状をなすものが対をなし、典型的には対をなすマイクロ波放射孔32同士が「T」字状に配置され、これらの対が複数、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、導波管37内のマイクロ波の波長（λg）に応じて決定され、例えばマイクロ波放射孔32の

間隔は、λg／4、λg／2またはλg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。

[0033] 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と透過板28との間、また、遅波材33と平面アンテナ部材31との間は、それぞれ密着させても離間させてもよいが、密着させることが好ましい。

[0034] 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料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、平面アンテナ部材31、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。

[0035] 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を発生するマイクロ波発生装置39が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置39で発生した、例えば周波数2．45GHzのマイクロ波が導波管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。なお、マイクロ波の周波数としては、8．35GHz、1．98GHz等を用いることもできる。

[0036] 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、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。

[0037] 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、オペレータ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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] このように構成されたプラズマ処理装置100は、800℃以下の低温で下地膜等へのダメージフリーなプラズマ処理を進めることができるとともに、プラズマ均一性に優れており、プロセスの均一性を実現できる。

[0041] 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プラズマCVD法によりウエハW表面に窒化珪素膜を堆積させる処理を行うことができる。

[0042] まず、ゲートバルブ26を開にして搬入出口25からウエハWをチャンバー1内に搬入し、載置台2上に載置する。そして、ガス供給系16の窒素含有ガス供給源17およびSi含有ガス供給源18から、窒素含有ガスおよびシリコン含有ガスを所定の流量でそれぞれガス導入部15a，15bを介してチャンバー1内に導入する。

[0043] 次に、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波を、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(マイクロ波放射孔32)から透過板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。この際のマイクロ波出力は、例えば500～3000kW程度とすることができる。

[0044] 平面アンテナ部材31から透過板28を経てチャンバー1に放射されたマイクロ波によりチャンバー1内で電磁界が形成され、窒素含有ガス、シリコン含有ガスがそれぞれプラズマ化する。このマイクロ波励起プラズマは、マイクロ波が平面アンテナ部材31の多数のスロット(マイクロ波放射孔32)から放射されることにより、略1×10^{10}～5×10^{12}／cm^3の高密度で、かつウエハW近傍では、略1．5eV以下の低電子温度プラズマとなる。このようにして形成されるマイクロ波励起プラズマは、下地膜へのイオン等によるプラズマダメージが少なく、高密度であるのでプラズマ中で原料ガスが高い解離状態となり、SiH、NH、N、Hなどの活性種が生成され、活性種間の反応によって、窒化珪素SixNy(ここで、x、yは必ずしも化学量論的に決定されず、条件により異なる値をとる)の薄膜が堆積される。また、窒化珪素薄膜の堆積を行なう間、載置台2に高周波電源61から所定の周波数例えば13．56MHzの高周波電力を供給する。これにより、ウエハWに向けてNH、N^+などの窒素を含む活性種が引き込まれやすくなる。その結果、窒化珪素膜中のSi，N，Hの組成比およびこれらの密度が変化することにより極めて高い圧縮(compressive)ストレスを有する窒化珪素膜を形成できるものと考えられる。

[0045] そして、プラズマ処理装置100は、サセプタ2に高周波電源61から高周波電力を供給することによってウエハWにバイアスを印加しても、プラズマの低電子温度を維持できるという特長を有している。

[0046] このことをデータに基づいて説明する。

プラズマの電子温度はプラズマにラングミュアプローブを挿入し、印加電圧を掃引することにより得られる図3に示す電圧－電流特性から求めることができる。具体的には、図3の指数関数領域の任意の位置において電流値I1をとり、その電流がe倍(約

2．7倍)となる電圧の変化ΔVが電子温度(Te)となる。したがって、指数関数領域の傾きが同じであれば電子温度は同じである。

[0047] そこで、図1のプラズマ処理装置100において、サセプタに印加する高周波バイアスを変化させてプラズマを生成した際の電圧－電流特性をラングミュアプローブにより測定した。ここでは、200mmウエハを用い、Arガスを250mL／min(sccm)の流量で供給し、圧力:7．3Pa、マイクロ波パワー:1000Wとし、バイアスパワーを0、10、30、50Wと変化させた。なお、サセプタに配置された電極の面積は706．5cm^2である。その結果を図4に示す。この図に示すように、指数関数領域の傾きはバイアスパワーにかかわらずほぼ一定であり、したがって電子温度も図5に示すようにバイアスパワー(図5はバイアスパワー密度で示している)に依存せずにほぼ一定の値となった。すなわち、ウエハWに0．015～1W／cm^2のパワー密度で高周波バイアスを印加してもプラズマの低電子温度特性を維持することができる。

[0048] したがって、本実施形態のようにマイクロ波プラズマを生成する場合には、ウエハWへの高周波バイアスを印加しても、プラズマの電子温度が低いので、イオン等によるダメージが実質的に存在しない。

[0049] なお、平行平板型プラズマでは、プラズマシース電位が大きいので、バイアスパワーが増加するとともに電子温度が高くなる(ベースの電子温度は、数十eVと高い)。

[0050] このように本発明においては、プラズマCVDの際に載置台2に高周波電力を供給することにより、イオン等によるダメージを生じさせずに、強い圧縮(compressive)ストレスを有する窒化珪素膜を成膜することができる。特に、通常の引張り(tensile)ストレスを有する窒化珪素膜を形成する成膜条件でも、載置台2に高周波電力を供給することにより、成膜される窒化珪素膜のストレスを圧縮ストレス側にシフトさせることが可能になる。このストレスのシフト幅すなわち、高周波電力の供給により変化するストレスの絶対値は、高周波電力の印加以外の成膜条件を同じに設定した場合で、2000MPa以上例えば3000～4500MPaに達する。

[0051] 前記のように、本発明のプラズマCVD方法では、載置台2に高周波電力を供給することにより、成膜原料ガスの種類に関わらず圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を形成できる。例えば、窒素含有ガスとしてNH_3ガスを使用すると、通常は引張りストレス

を有する窒化珪素膜が成膜される。しかし、RFバイアス条件で(つまり載置台2に高周波電力を供給して)成膜を行なうことにより強い圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成できる。従って、ストレスの強さと方向(引張りまたは圧縮)を制御する要因の一つとして、高周波電力を印加することが有効である。この場合、載置台2に供給する高周波電力のパワー密度(単位面積当たりのパワー)は、処理ガスの種類に拘わらず、0.0032～1～500W／cm^2(例えば、電極面積が314cm^2の場合で1～500W)とすることが好ましい。

[0052] また、窒化珪素膜の圧縮ストレスを最大化するための高周波出力の範囲は、処理圧力によって異なる。例えば窒素含有ガスとしてNH_3ガス、シリコン含有ガスとしてSi_2H_6ガスを使用する場合、NH_3ガスの流量を100～3000mL／min(sccm)、好ましくは400～1000mL／min(sccm)、Si_2H_6ガスの流量を1～30mL／min(sccm)、好ましくは4～15mL／min(sccm)に設定する。また、例えば窒素含有ガスとしてN_2ガス、シリコン含有ガスとして例えばSi_2H_6ガスを使用する場合、N_2ガス流量を500～3000mL／min(sccm)、好ましくは1000～2000mL／min(sccm)、Si_2H_6ガス流量を1～30mL／min(sccm)、好ましくは4～15mL／min(sccm)に設定する。なお、これらガス系のうち、窒素含有ガスとしてN_2ガス、シリコン含有ガスとしてSi_2H_6ガスを使用する場合には、水素を低く抑えることができるので、各種半導体装置の製造過程で熱処理が繰り返された場合に、NH_3ガスおよびSi_2H_6ガスを用いる場合よりも、ストレスの変動を小さくすることができる。

[0053] そして、上記NH_3またはN_2を用いたガス系において1000MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば0.1Pa以上53Pa以下に設定することが好ましい。

[0054] また、2000MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば0.1Pa以上40Pa以下に設定することが好ましい。

[0055] さらに、3000MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば5Pa以上25Pa以下に設定することが好ましく、この場合の高周波パワーは、パワー密度で0.016～0.127W／cm^2とすることが好ましい。例えば、電極面積が314cm^2の場合は、高周波パワーは5～40Wとなる。

[0056] またさらに、3500MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば7Pa以上16Pa以下に設定することが好ましく、この場合の高周波パワーは、パワー密度で0．032～0．096W／cm^2とすることが好ましい。例えば、電極面積が314cm^2の場合は、高周波パワーは10～30Wとなる。

[0057] また、処理圧力が同じ場合には、プラズマCVDの処理温度が高いほど窒化珪素膜の圧縮ストレスが強くなる傾向があることから、載置台2を300℃以上、好ましくは400～800℃に加熱することが好ましい。

[0058] さらに、プラズマ処理装置100におけるギャップ（透過板28の下面から載置台2の上面までの間隔）Gが広い程、圧縮ストレスが強くなる傾向があるため、ギャップGを例えば100～350mm程度に設定することが好ましい。

[0059] 以上のように、プラズマ処理装置100を用い、RFバイアスを供給しつつプラズマCVD条件を選択して成膜を行なうことにより、窒化珪素膜に強い圧縮ストレスを付与することができる。また、例えば処理圧力を変えることにより、ストレスの大きさを制御することができる。

[0060] 次に、プラズマ処理装置100を使用したプラズマCVDにより成膜される窒化珪素膜の適用例について図6および図7A～7Cを参照しながら説明する。図6は、MOS（Metal-Oxide-silicon）構造のトランジスタ200の概略構成を示す模式的な断面図である。このトランジスタ200は、P型もしくはN型のSi層101上に、ゲート絶縁膜102を介して例えばポリシリコンからなるゲート電極103が形成されている。ゲート電極103の下方両側には、ソース104およびドレイン105が形成され、これらの間には、チャンネル領域106（図6中の網掛け部分）が形成されている。そして、ゲート電極103を覆うようにして絶縁膜からなる被覆膜（ライナー）107が形成されている。本適用例では、この被覆膜107を、プラズマ処理装置100を使用したプラズマCVDにより成膜することができる。その際、プラズマCVDの条件を制御することにより、前記のとおり、被覆膜107に引張りストレスまたは圧縮ストレスを付与することができる。特にRFバイアス条件と処理圧力を選択することにより、強い圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を成膜することができる。

[0061] 例えば被覆膜107として引張りストレスを持つ窒化珪素膜を使用した場合、被覆膜

107には、図6中に黒矢印108で示すような方向のストレスが加わる。そして、被覆膜107に接するソース104およびドレイン105を構成するシリコンには、前記黒矢印108と同方向の引張りストレスが加わる。その結果、チャンネル領域106にも黒矢印108と同方向の引張りストレスが加わり、チャンネル領域106に引張り歪みが生じる。

[0062] 逆に、被覆膜107が圧縮ストレスを有する場合、被覆膜107には、図6中に白矢印109で示すような方向のストレスが加わる。そして、被覆膜107に接するソース104およびドレイン105を構成するシリコンには、前記白矢印109と同方向の圧縮ストレスが加わる。その結果、チャンネル領域106にも、白矢印109と同方向の圧縮ストレスが加わり、チャンネル領域106に圧縮歪みが生じる。

[0063] トランジスタ200が電子をキャリアとするNMOSトランジスタである場合には、チャンネル領域106に引っ張り歪を与えると移動度が増すが、圧縮歪を与えると移動度が下がる。一方、トランジスタ200が正孔をキャリアとするPMOSトランジスタである場合には、チャンネル領域106に圧縮歪を与えた時に移動度が増し、引張り歪を与えると移動度がかえって下がる。

[0064] 従って、トランジスタ200がNMOSトランジスタである場合には、被覆膜107として引張りストレスを持つ窒化珪素膜を用い、チャンネル領域106に引張り歪みを生じさせることにより、飽和駆動電流値や線形駆動電流値を増加させることができる。また、トランジスタ200がPMOSトランジスタである場合には、被覆膜107として圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を用い、チャンネル領域106に圧縮歪みを生じさせることにより、飽和駆動電流値や線形駆動電流値を増加させることができる。このように、被覆膜107に引張りストレスまたは圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を用いることにより、トランジスタ200の駆動性能を改善することができる。

[0065] なお、図6では、ストレスを持つ窒化珪素膜を被覆膜107に適用したが、これ以外にも例えばゲート電極103の両側部に形成されるサイドウォールとして、ストレスを有する窒化珪素膜を用いることができる。

[0066] トランジスタ200は、例えばプラズマ処理装置100を用いて引張りストレスまたは圧縮ストレスを付与できる条件でゲート電極103を覆う被覆膜107を形成することにより製造できる。図7A～7Bは、トランジスタ200の製造工程の一部に本発明のプラズマ

CVD方法を適用した例を説明する図面である。

[0067] 図7Aに示すトランジスタ構造は、以下の手順で形成できる。まず、P型もしくはN型のSi層101に、ウエル(図示せず)を形成し、例えばLOCOS法やSTI(Shallow Trench Isolation)により素子分離層(図示せず)を形成する。次いで、プラズマ処理や熱処理などの手法でSi層101の表面に窒化珪素膜や酸化珪素膜などのゲート絶縁膜102を形成する。このゲート絶縁膜102上に、例えばCVDによりポリシリコン層を成膜した後、フォトリソグラフィー技術により形成されたマスクパターンに基づきエッチングしてゲート電極103を形成する。なお、ゲート電極構造は、ポリシリコン層の単層に限らず、ゲート電極の比抵抗を下げ、高速化する目的で、例えばタングステン、モリブデン、タンタル、チタン、コバルト、ニッケル、それらのシリサイド、ナイトライド、合金等を含む積層構造にすることもできる。このようにゲート電極103を形成した後は、イオン注入および活性化処理を行なってソース104、ドレイン105を形成する。

[0068] 次に、図7Bに示すように、プラズマ処理装置100を用いSi層101の表面とゲート電極103を覆うように窒化珪素膜を成膜する。この際、載置台2に高周波電力を供給しながら成膜反応を起こさせることにより、強い圧縮ストレスの窒化珪素膜を形成できる。そして、フォトリソグラフィ技術により形成されたマスクパターンに基づき不要な領域の窒化珪素膜を除去して被覆膜107を形成することにより、図7Cに示すようにMOS構造のトランジスタ200を製造することができる。なお、被覆膜107を形成した後は、必要に応じてアニールをすることもできる。

[0069] また、図8に示すCMOSトランジスタ300を製造する場合には、成膜、フォトリソグラフィによるパターニング、エッチング等を順次行い、NMOS領域201とPMOS領域202を形成し、さらに本発明の引張りストレスまたは圧縮ストレスを付与できる成膜条件で窒化珪素膜の成膜とエッチングを行うことにより、NMOS領域201とPMOS領域202のそれぞれに被覆膜203および204を形成することができる。

[0070] 具体的には、シリコン基板210にNMOS領域201となるp型ウエル211およびPMOS領域202となるn型ウエル212を形成する。p型ウエル211の主面にゲート絶縁膜213を介してpoly－Siからなるゲート電極214を形成し、ゲート電極214の両側にソース215およびドレイン216を形成する。そして、ゲート電極214の側壁にはサイドウ

ォール217を形成する。一方、n型ウエル212の主面にゲート絶縁膜213を介してpoly－Siからなるゲート電極224を形成し、ゲート電極224の両側にソース225およびドレイン226を形成する。そして、ゲート電極224の側壁にはサイドウォール227を形成する。なお、符号230は素子分離領域である。この際の手順は、上記図7A～7Cに準じたものとなる。

[0071] このようにしてNMOS領域201およびPMOS領域202が形成された状態で、プラズマ処理装置100を用い、全面に引張りストレスの窒化珪素膜を堆積させ、エッチングによりPMOS領域202から引張りストレスの窒化珪素膜を取り除き、NMOS領域201にのみ引張りストレスの窒化珪素膜からなる被覆膜203を残す。

[0072] 次に、プラズマ処理装置100を用い、ウエハW上に圧縮ストレスの窒化珪素膜を堆積させる。そしてエッチングによりNMOS領域201から圧縮ストレスの窒化珪素膜を取り除き、PMOS領域にのみ圧縮ストレスの窒化珪素膜からなる被覆膜204を残す。このようにして、NMOS領域201およびPMOS領域202のそれぞれにおいて、窒化珪素膜のストレスを利用し、NMOS領域201のチャンネル領域218には引張り歪を生じさせ、PMOS領域202のチャンネル領域228には圧縮歪を生じさせて性能を向上させたCMOSトランジスタを製造することができる。

[0073] さらに、プラズマ処理装置100を使用したプラズマCVDにより成膜される窒化珪素膜は、図9に示すような不揮発性メモリ400にも適用可能である。この不揮発性メモリ400は、Si基板301の主面上にトンネル酸化膜302が形成され、その上にポリシリコンからなるフローティングゲート(FG)304が形成され、このフローティングゲート304の上に、例えば酸化膜、窒化膜、酸化膜からなるONO構造の誘電体膜305が形成され、さらにこの誘電体膜305の上にポリシリコンからなるコントロールゲート(CG)306が形成され、コントロールゲート306の上には絶縁層307が形成され、フローティングゲート304とコントロールゲート306の側壁には酸化処理により側壁酸化膜308が形成され、Si基板301の主面のフローティングゲート304の両側にはソース309およびドレイン310が形成され、フローティングゲート304、コントロールゲート306、ソース309、ドレイン310を覆うようにストレスを持つ窒化珪素膜からなる被覆膜311が形成されている。

[0074] このようにストレスを持つ窒化珪素膜を被腹膜311として形成することにより、フローティングゲート304に適切な歪を与えることができる。すなわち、このような不揮発性メモリ400においては、フローティングゲート304の電荷がトンネル酸化膜を通ってSi基板へトンネリングして失われる(トンネル電流)ことにより、メモリが消失してしまうが、フローティングゲート304に適切な歪を与えることにより、平均電子質量とトンネル酸化膜302を構成するSiO_2の障壁幅が増加するため、トンネル電流を減少させてフローティングゲート304が電荷をより安定的に保持することができるようになる。

[0075] 次に、本発明の基礎となった試験結果について説明する。

まず、図10は、窒化珪素膜のストレスの大きさとプラズマ処理装置1でのプラズマCVDにおける処理圧力との関係を示すグラフである。ここでは、ガス種と圧力の影響を調べるため載置台2に高周波電力を供給せずに成膜を行なっている。なお、図10の縦軸は窒化珪素膜のストレスの大きさを示しており、正(プラス)側は引張りストレス、負(マイナス)側は圧縮ストレスである(図11～図15においても同様である)。

[0076] 本試験において、窒化珪素膜は、以下のプラズマCVD条件で成膜した。

<プラズマCVD成膜条件>(NH_3／Si_2H_6系)

NH_3ガス流量;500mL／min(sccm)

Si_2H_6ガス流量;5mL／min(sccm)

処理圧力;2.7Pa(20mTorr)、6.7Pa(50mTorr)、40.0Pa(300mTorr)および133.3Pa(1Torr)

載置台2の温度;400℃

マイクロ波パワー;2000W

<プラズマCVD成膜条件>(N_2／Si_2H_6系)

N_2ガス流量;1100mL／min(sccm)

Si_2H_6ガス流量;1mL／min(sccm)

Arガス流量;100mL／min(sccm)

処理圧力;4.0Pa(30mTorr)、6.7Pa(50mTorr)、13.3Pa(100mTorr)および66.6Pa(500mTorr)

載置台2の温度;500℃

マイクロ波パワー;3000W

[0077] 図10より、窒素含有ガスとしてNH_3を使用して成膜した窒化珪素膜は、引張りストレスを有していることがわかる。また、NH_3を使用して成膜した窒化珪素膜の引張りストレスは、処理圧力が高くなるほど大きくなる傾向があることがわかる。一方、窒素含有ガスとして、N_2を使用して成膜した窒化珪素膜は、圧縮ストレスを有していることがわかる。また、N_2を使用して成膜した窒化珪素膜の圧縮ストレスは、処理圧力が小さくなるほど大きくなる傾向があることがわかる。

[0078] 次に、載置台2に高周波電力を供給しながら、以下のプラズマCVD条件で成膜した。その結果を図11に示した。

<プラズマCVD成膜条件1>(NH_3/Si_2H_6系)

NH_3ガス流量;400mL/min(sccm)

Si_2H_6ガス流量;5mL/min(sccm)

Arガス流量;200mL/min(sccm)

処理圧力;133.3Pa(1000mTorr)

載置台2の温度;500℃

マイクロ波パワー;1000W

RF周波数;400kHz

RFパワー;0W(供給せず)、10W(パワー密度:0.032W/cm^2)、20W(パワー密度:0.064W/cm^2)、30W(パワー密度:0.095W/cm^2)、50W(パワー密度:0.159W/cm^2)、70W(パワー密度:0.223W/cm^2)、100W(パワー密度:0.318W/cm^2)、200W(パワー密度:0.637W/cm^2)

[0079] <プラズマCVD成膜条件2>(N_2/Si_2H_6系)

N_2ガス流量(ガス導入部15a);1100mL/min(sccm)

Si_2H_6ガス流量;5mL/min(sccm)

N_2ガス流量(ガス導入部15b);100mL/min(sccm)

処理圧力;2.7Pa(20mTorr)

載置台2の温度;500℃

マイクロ波パワー;2000W

RF周波数;400kHz

RFパワー;0W(供給せず)、10W(パワー密度:0.032W/cm^2)、20W(パワー密度:0.064W/cm^2)、30W(パワー密度:0.095W/cm^2)、50W(パワー密度:0.159W/cm^2)、70W(パワー密度:0.223W/cm^2)、100W(パワー密度:0.318W/cm^2)、200W(パワー密度:0.637W/cm^2)

[0080] 図10と図11の比較から、成膜原料ガスとしてNH_3/Si_2H_6系ガスを用いた窒化珪素膜は、通常の成膜条件では引張りストレスを持つはずであるが、所定のRFバイアス条件で成膜することにとより、大きな圧縮ストレスを持つようになったことが確認された。一方、成膜原料ガスとしてN_2/Si_2H_6系ガスを用い、通常の成膜条件でも圧縮ストレスを持つようになるはずの窒化珪素膜においても、所定のRFバイアス条件で成膜することにより、圧縮ストレスが増強されていることがわかる。そして、図11では、NH_3/Si_2H_6系ガス、N_2/Si_2H_6系ガスのいずれを原料とする場合でも、窒化珪素膜のストレスと高周波出力との関係はほぼ同じように推移している。

[0081] すなわち、バイアス電極の電極面積が314cm^2でRFパワーが10～200Wの範囲の場合に、1000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜が形成されており、特に、電極面積が314cm^2でRFパワーが20～40Wの範囲では、2000MPa以上の強い圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜が形成されていることがわかる。このことから、RFバイアス条件としては、RFパワー密度が0.032～0.637W/cm^2の範囲が好ましく、0.064～0.127W/cm^2(がより好ましいことが確認された。これにより、成膜原料ガスの種類に関わらず、圧縮ストレスの窒化珪素膜が成膜できる。

[0082] また、圧縮ストレスが最も大きくなったRFバイアス条件は、パワー密度で約0.095W/cm^2(電極面積:314cm^2、RFパワー:約30W)であった。従って、載置台2に供給する高周波電力は0.1～100Wが好ましく、0.1～40Wがより好ましいと考えられる。つまり、この電極面積に応じて大きな圧縮ストレスが得られるパワー密度になるようにパワー範囲を設定することが好ましい。

[0083] 次に、以下の条件で窒化珪素膜を成膜し、RFバイアス条件で圧力がストレスに与える影響を調べた。ここでは、以下のN_2/Si_2H_6系とNH_3/Si_2H_6系について行った。

＜プラズマCVD条件＞

(1)N_2／Si_2H_6系

N_2ガス流量(ガス導入部15a);1100mL／min(sccm)

Si_2H_6ガス流量;3mL／min(sccm)

N_2ガス流量(ガス導入部15b);100mL／min(sccm)

処理圧力;2.67Pa(20mTorr)、13.3Pa(100mTorr)および66.6Pa(500mTorr)

載置台2の温度;500℃

マイクロ波パワー;3000W

RF周波数;13.56Hz

RFパワー;0W(供給せず)、10W(パワー密度:0.032W／cm^2)、20W(パワー密度:0.064W／cm^2)、30W(パワー密度:0.095W／cm^2)、50W(パワー密度:0.159W／cm^2)

[0084] (2)NH_3／Si_2H_6系

NH_3ガス流量;400mL／min(sccm)

Si_2H_6ガス流量;3または5mL／min(sccm)

Arガス流量;200mL／min(sccm)

処理圧力;2.67Pa(20mTorr)、13.3Pa(100mTorr)および66.6Pa(500mTorr)

載置台2の温度;400℃

マイクロ波パワー;3000W

RF周波数;400Hz

RFパワー;0W(供給せず)、10W(パワー密度:0.032W／cm^2)、20W(パワー密度:0.064W／cm^2)、30W(パワー密度:0.095W／cm^2)、50W(パワー密度:0.159W／cm^2)

[0085] 図12および図13にN_2／Si_2H_6系における結果を示し、図14にNH_3／Si_2H_6系の結果を示す。

[0086] 図12より、N_2を用いたガス系において、1000MPa以上の圧縮ストレスを有する窒

化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば0．1Pa以上53Pa以下に設定すればよいことがわかる。また、2000MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば0．1Pa以上40Pa以下に設定すればよいことがわかる。さらに、3000MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば5Pa以上25Pa以下に設定すればよいことがわかる。なお、この場合の高周波のパワーは5～40Wとすればよい。また、3500MPa以上の圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を成膜するためには、処理圧力を例えば7Pa以上16Pa以下に設定すればよく、この場合の高周波のパワーは10～30Wとすればよい。つまり、バイアス用の高周波のパワー密度は、0．016～0．127W／cm^2が好ましく、0．032～0．095W／cm^2がより好ましい

[0087] また、図13より、処理圧力が13．3Pa（100mTorr）の場合には、RFパワー密度が0．032～0．095W／cm^2（RFパワー：10～30W）程度で3500MPaという強い圧縮ストレスの窒化珪素膜を形成することができた。また、処理圧力が2．67Pa（20mTorr）の場合には、RFパワー密度が0．095～0．127W／cm^2（RFパワー：30～40W）程度で2000MPaを超える圧縮ストレスの窒化珪素膜を形成できた。一方、処理圧力が66．6Pa（500mTorr）の場合には、高周波電力を供給しても窒化珪素膜に圧縮ストレスを付与することはできなかった。

[0088] NH_3／Si_2H_6系については図14に示すように、処理圧力によって、最大の圧縮ストレスが得られる高周波のパワー密度が異なり、処理圧力が高いほど最大の圧縮ストレスを得るためのパワー密度が大きくなる傾向であることが確認された。

[0089] 次に、載置台2に供給する高周波電力の周波数の影響について検討した。ここでは、処理圧力を13．3Pa（100mTorr）とし、載置台2に供給する高周波電力の周波数を400kHzにした場合と13．56MHzにした場合についてRFパワー密度を変化させて窒化珪素膜のストレスを測定した。その結果を図15に示す。この図から13．56MHzのほうが圧縮ストレスが大きくなることが確認された。

[0090] 次に、本発明の効果を確認した試験結果について説明する。

（1）耐熱性評価：

プラズマ処理装置100を用い、引張りストレスおよび圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜

を成膜した後、アニールを実施し、熱処理が窒化珪素膜のストレスに与える影響について調べた。成膜条件およびアニール条件は、以下のとおりである。

＜プラズマCVD条件（NH_3／Si_2H_6系）＞

NH_3ガス流量；400mL／min（sccm）

Si_2H_6ガス流量；5mL／min（sccm）

処理圧力；133．3Pa（1000mTorr）

載置台2の温度；500℃

マイクロ波パワー；1kW

＜プラズマCVD条件（N_2／Si_2H_6系）＞

N_2ガス流量（ガス導入部15a）；1100mL／min（sccm）

Si_2H_6ガス流量；5mL／min（sccm）

N_2ガス流量（ガス導入部15b）；100mL／min（sccm）

処理圧力；2．7Pa（20mTorr）

載置台2の温度；500℃

マイクロ波パワー；1kW

＜アニール条件＞

処理温度；800℃

処理圧力；101308Pa

処理時間；10分、20分または30分

[0091] 図16は、窒化珪素膜のストレスとアニール時間との関係を示している。この図16より、原料ガスとしてSi_2H_6とN_2を用いて上記条件で成膜した圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜は、Si_2H_6とNH_3を用いて上記条件で成膜した圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜に比べて、アニール前後のストレスの変動幅が格段に小さく、耐熱性に優れていることが確認できた。この結果から、プラズマCVDに際し、原料ガスとしてSi_2H_6とN_2を用い、RFバイアスを印加して膜中の水素を低く抑えることにより、各種半導体装置の製造過程で繰り返される熱処理に対して高ストレスを維持しつつ優れた耐性を有する窒化珪素膜が得られることが明らかとなった。

[0092] なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の思想の範囲内で

種々の変形が可能である。

例えば、上記実施形態では、引張りストレスまたは圧縮ストレスを有する窒化珪素膜を、トランジスタの被覆膜(ライナー)へ適用して駆動特性を向上させる例を挙げたが、これに限らず、本発明はストレスを利用してデバイス特性を改善できる種々の半導体装置の製造においても適用可能である。

請求の範囲

[1] 真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置を準備することと、

前記載置台に被処理基板を載置することと、

前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、

前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することと

を含む、プラズマCVD方法。

[2] 前記高周波電力のパワー密度は、0．0032～1．59W／cm^2である、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[3] 前記高周波電力の周波数は、400kHz～27MHzである、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[4] 1000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[5] 0．1Pa以上53Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項4に記載のプラズマCVD方法。

[6] 2000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[7] 0．1Pa以上40Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項6に記載のプラズマCVD方法。

[8] 3000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[9] 5Pa以上25Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項8に記載

のプラズマCVD方法。

[10] 前記高周波電力のパワー密度は、0．016～0．127W／cm^2である、請求項8に記載のプラズマCVD方法。

[11] 3500MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[12] 7Pa以上16Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項11に記載のプラズマCVD方法。

[13] 前記高周波電力のパワー密度は、0．032～0．095W／cm^2である、請求項11に記載のプラズマCVD方法。

[14] 前記窒素含有ガスとしてアンモニアガスを用いる、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[15] 前記窒素含有ガスとして窒素ガスを用いる、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[16] 前記シリコン含有ガスが、ジシラン（Si_2H_6）である、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[17] 前記窒化珪素膜を堆積させる際の処理温度が、300℃～800℃である、請求項1に記載のプラズマCVD方法。

[18] 真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置を準備することと、

前記載置台に被処理基板を載置することと、

前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、

前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することと

を含む、窒化珪素膜の形成方法。

[19] 前記高周波電力のパワー密度は、0．0032～1．59W／cm^2である、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[20] 前記高周波電力の周波数は、400kHz～27MHzである、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[21] 1000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[22] 0．1Pa以上53Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項21に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[23] 2000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[24] 0．1Pa以上40Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項23に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[25] 3000MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[26] 5Pa以上25Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項25に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[27] 前記高周波電力のパワー密度は、0．016～0．127W／cm^2である、請求項25に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[28] 3500MPa以上の圧縮ストレスを持つ窒化珪素膜を形成する、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[29] 7Pa以上16Pa以下の処理圧力で前記窒化珪素膜を堆積させる、請求項28に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[30] 前記高周波電力のパワー密度は、0．032～0．095W／cm^2である、請求項28に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[31] 前記窒素含有ガスとしてアンモニアガスを用いる、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[32] 前記窒素含有ガスとして窒素ガスを用いる、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[33] 前記シリコン含有ガスが、ジシラン(Si_2H_6)である、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[34] 前記窒化珪素膜を堆積させる際の処理温度が、300℃～800℃である、請求項18に記載の窒化珪素膜の形成方法。

[35] 半導体基板の主面に絶縁膜を介してゲート電極が形成され、その両側の主面領域にソースおよびドレインが形成された構造体を準備することと、

前記ゲート電極ならびにソースおよびドレインを被覆するように窒化珪素膜を形成することと

を含む半導体装置の製造方法であって、

前記窒化珪素膜は、

真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構とを備えたプラズマ処理装置を準備することと、

前記載置台に被処理基板を載置することと、

前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、

前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することと

を含む方法によって形成される、半導体装置の製造方法。

[36] コンピュータ上で動作し、真空排気可能な処理室と、前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置を制御するプログラムが記憶された記憶媒体であって、

前記プログラムは、実行時に、

前記載置台に被処理基板を載置することと、

前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと

前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することと

を含む、プラズマCVD方法が行われるように、コンピュータに前記プラズマ処理装置を制御させる記憶媒体。

[37] 真空排気可能な処理室と、

前記処理室内で被処理体を載置する載置台と、

マイクロ波を発生するマイクロ波発生源と、

複数のスロットを有し、前記マイクロ波発生源で発生したマイクロ波を前記スロットを介して前記処理室内に導入する平面アンテナと、

前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、

前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源と、

前記載置台に被処理基板を載置することと、前記処理室内に窒素含有ガスとシリコン含有ガスを導入し、これらガスを前記マイクロ波によりプラズマ化し、このプラズマにより被処理基板の表面に窒化珪素膜を堆積させることと、前記窒化珪素膜を堆積させている際に、前記載置台に高周波電力を供給することとを含む、プラズマCVD方法が行われるように制御する制御部と

を備えた、プラズマ処理装置。

[38] プラズマを用いて被処理基板を処理するための真空排気可能な処理室と、

前記処理室内で被処理基板を載置する載置台と、

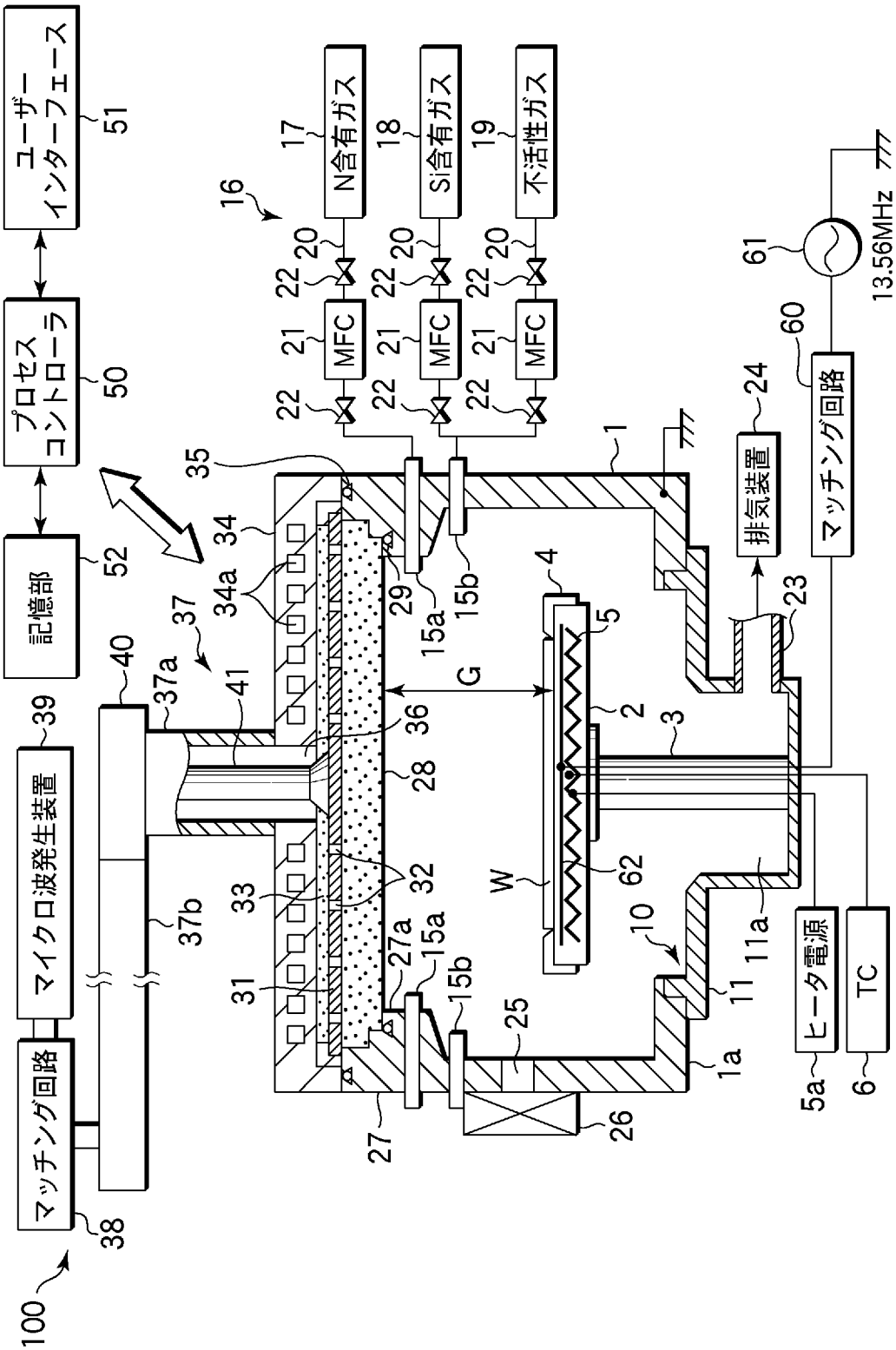
前記処理室内にマイクロ波を導入する複数のスロットを有する平面アンテナと、

前記処理室内に成膜原料ガスを供給するガス供給機構と、

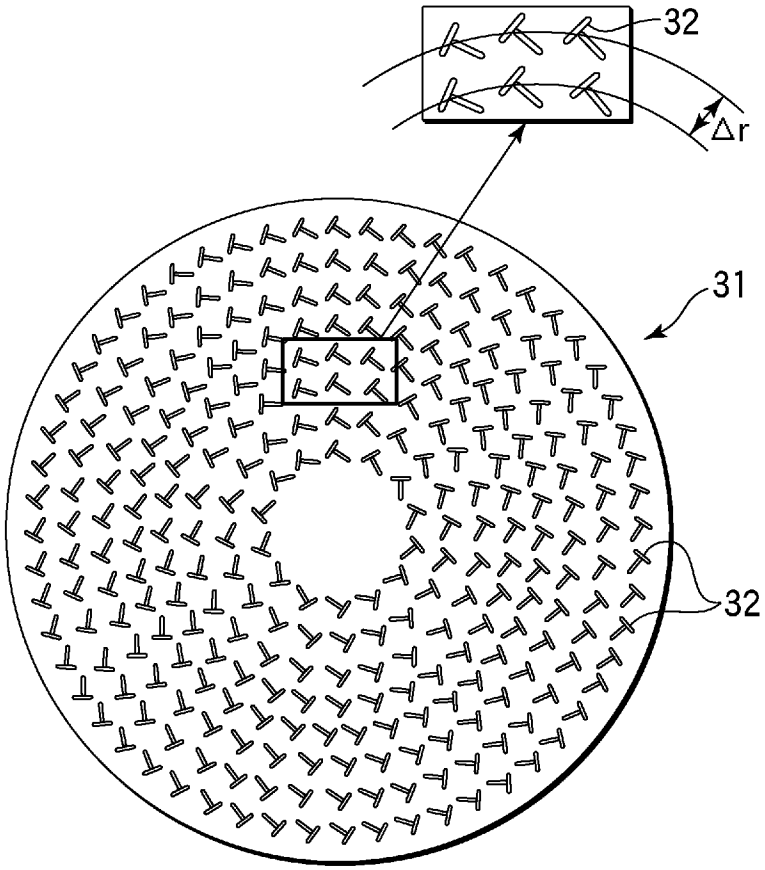
前記載置台に高周波電力を供給する高周波電源と、

を備えた、プラズマCVD装置。

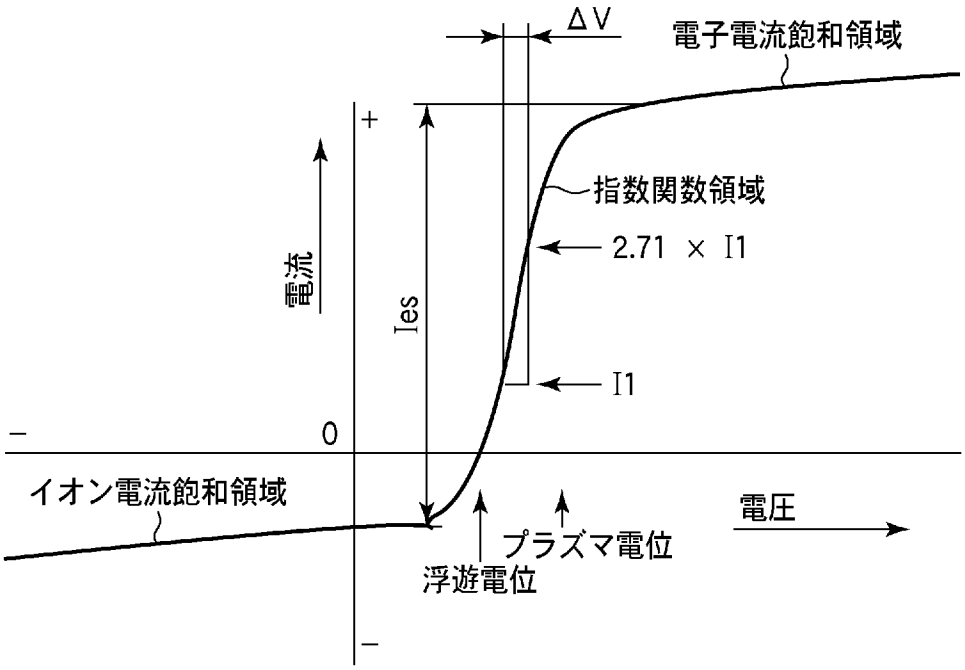
[図1]


ユーザーインターフェース
51
プロセスコントローラ
50
記憶部
52
マイクロ波発生装置
39
マッチング回路
38
100
16
17
N含有ガス
18
Si含有ガス
19
不活性ガス
20
22
21
MFC
61
13.56MHz
60
マッチング回路
24
排気装置
23
1
35
34
34a
37
37a
40
41
36
28
29
15a
15b
4
5
2
3
G
W
62
10
11
11a
1a
25
26
27
27a
31
32
33
37b
ヒータ電源
5a
TC
6

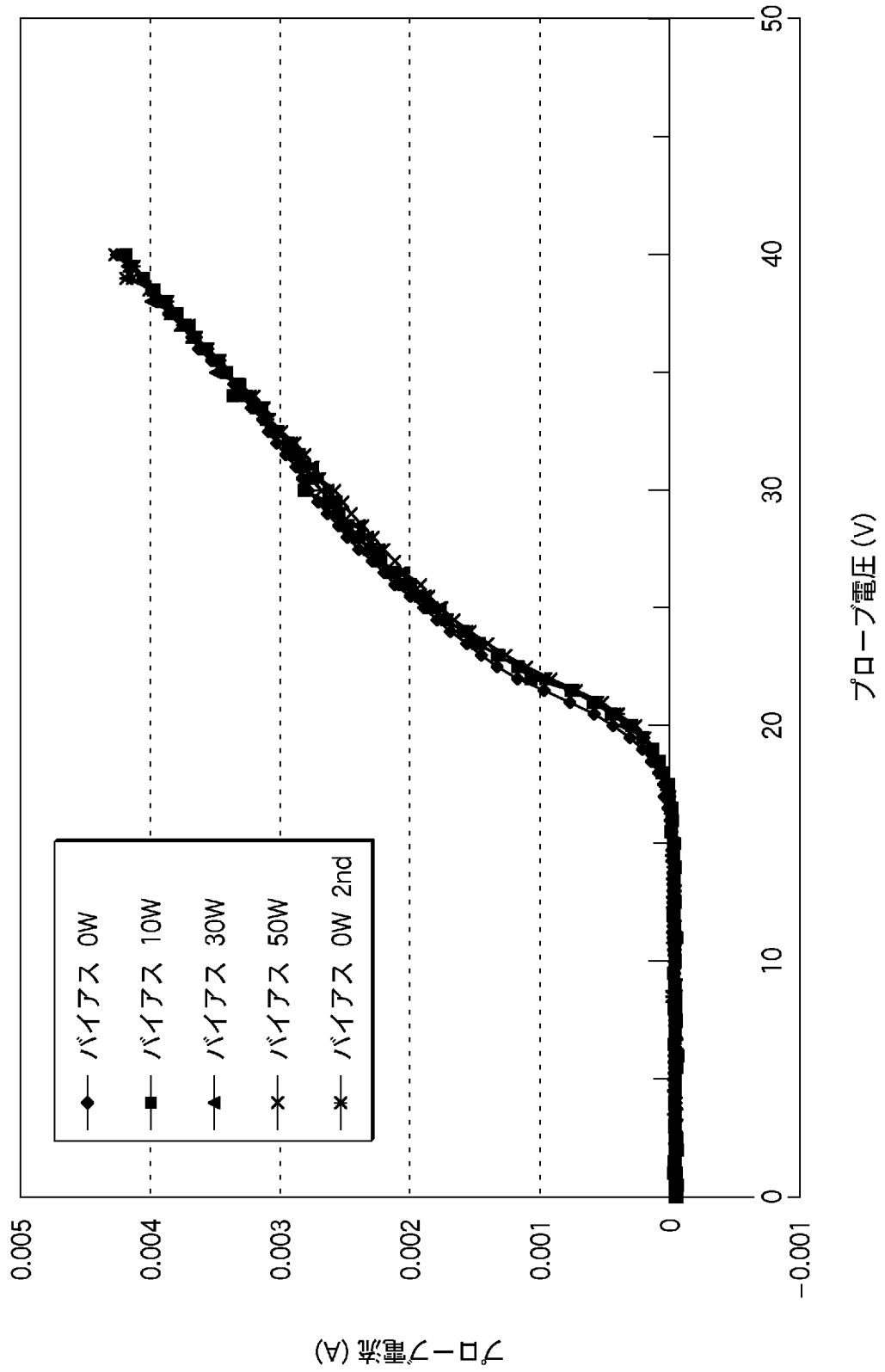
[図2]


32
Δr
31
32

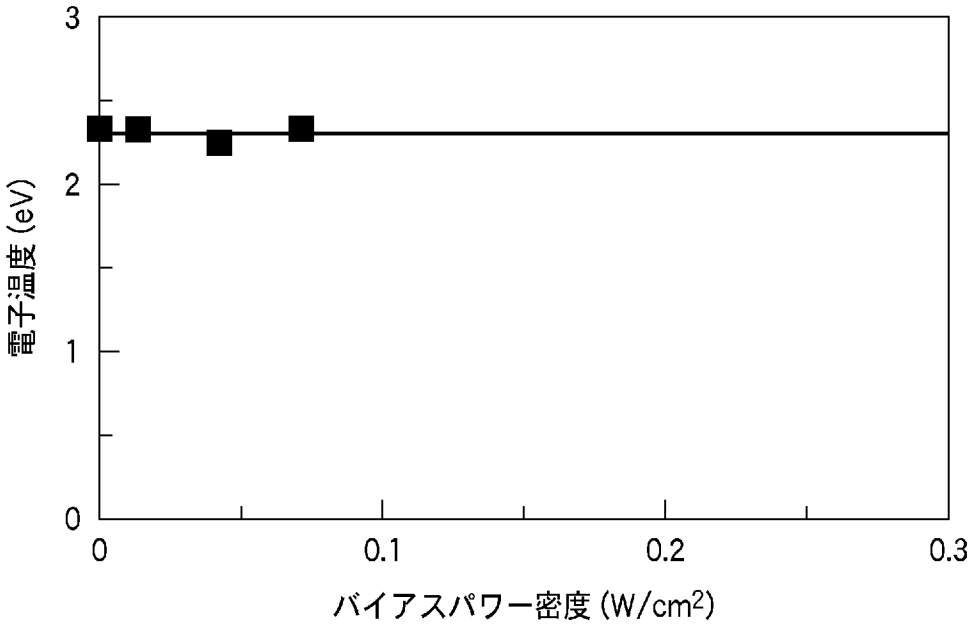
[図3]


ΔV
電子電流飽和領域
+
指数関数領域
2.71 × I1
電流
Ies
I1
−
0
イオン電流飽和領域
電圧
プラズマ電位
浮遊電位
−

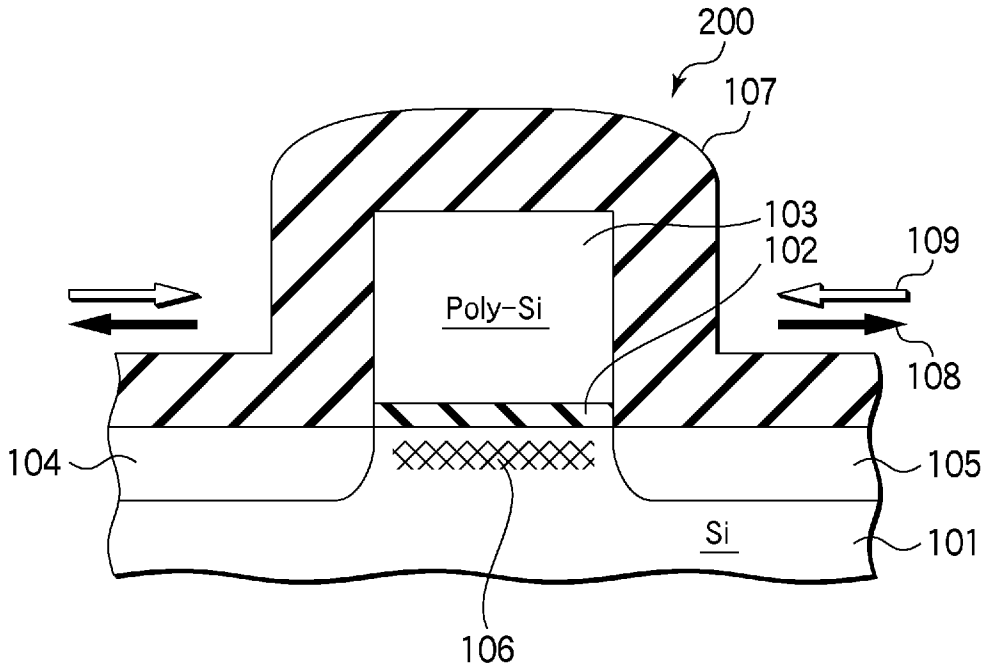
[図4]


0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0
−0.001
0
10
20
30
40
50
プローブ電圧 (V)
プローブ電流 (A)
バイアス 0W
バイアス 10W
バイアス 30W
バイアス 50W
バイアス 0W 2nd

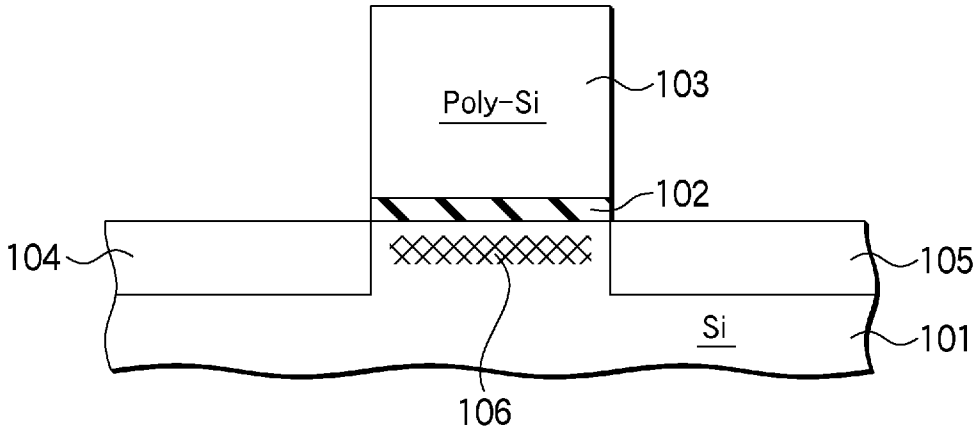
[図5]


3
2
1
0
電子温度 (eV)
0
0.1
0.2
0.3
バイアスパワー密度 (W/cm2)

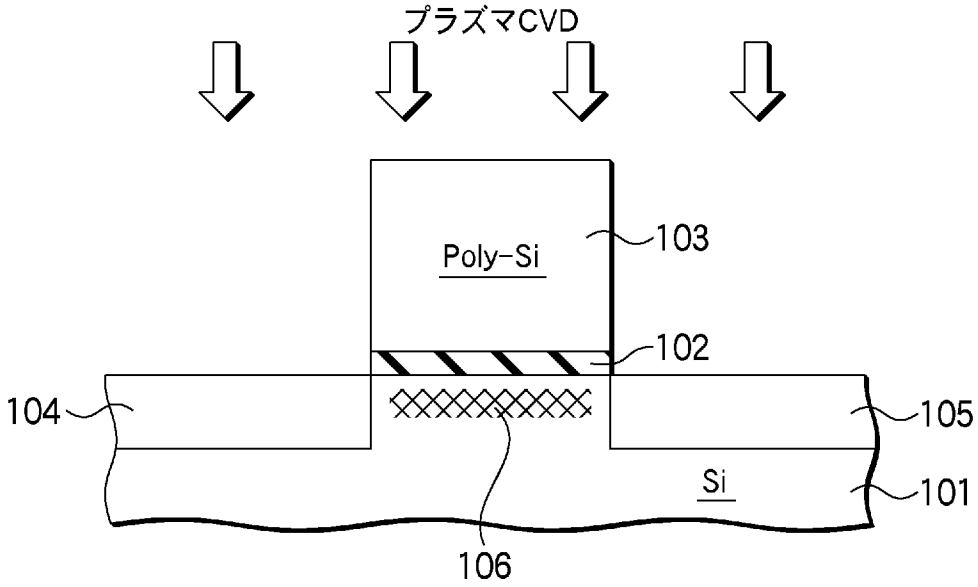
[図6]


200
107
103
102
109
Poly-Si
108
104
105
Si
101
106

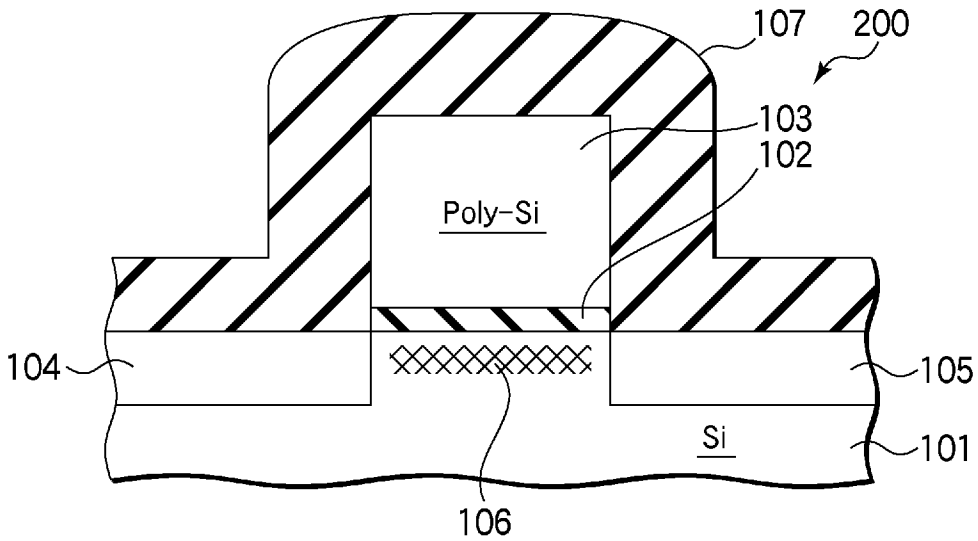
[図7A]


Poly-Si
103
102
104
105
Si
101
106

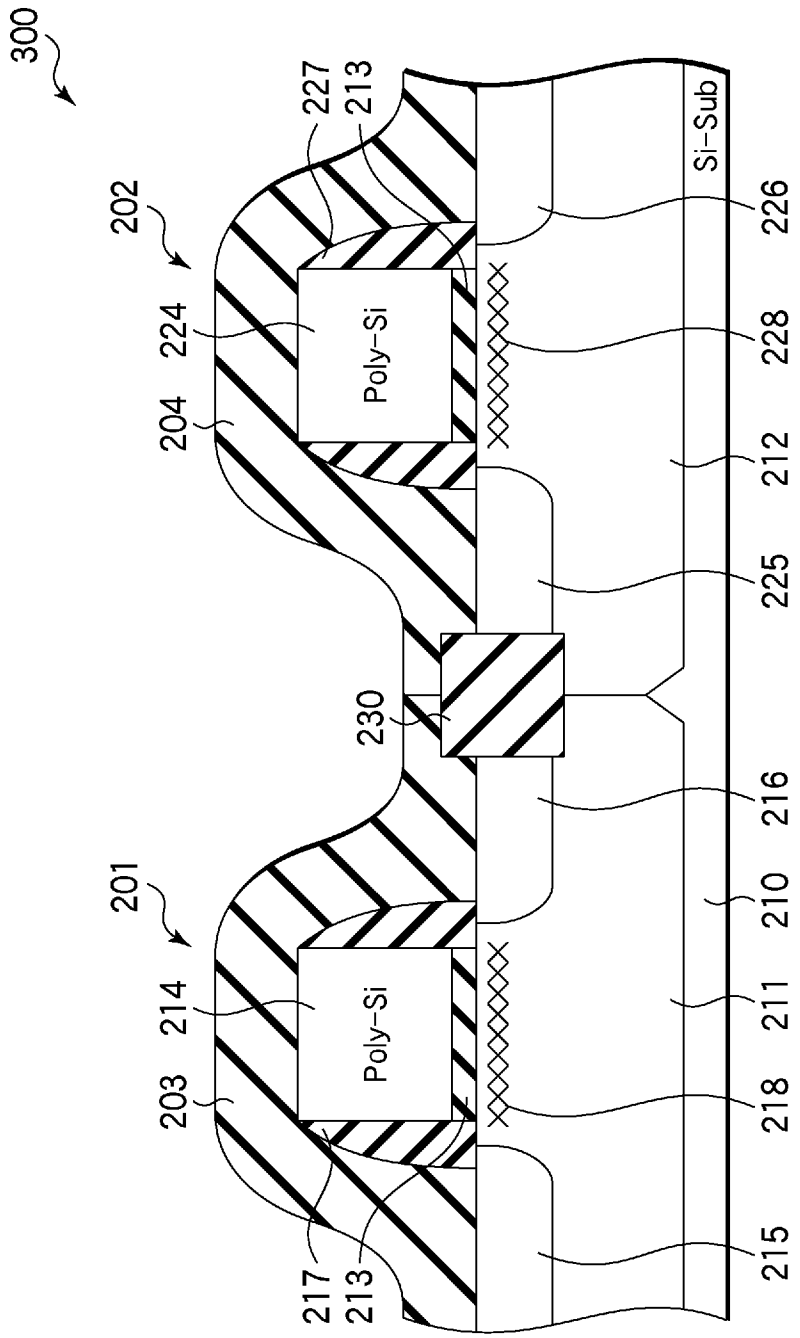
[図7B]


プラズマCVD
Poly-Si
103
102
104
105
Si
101
106

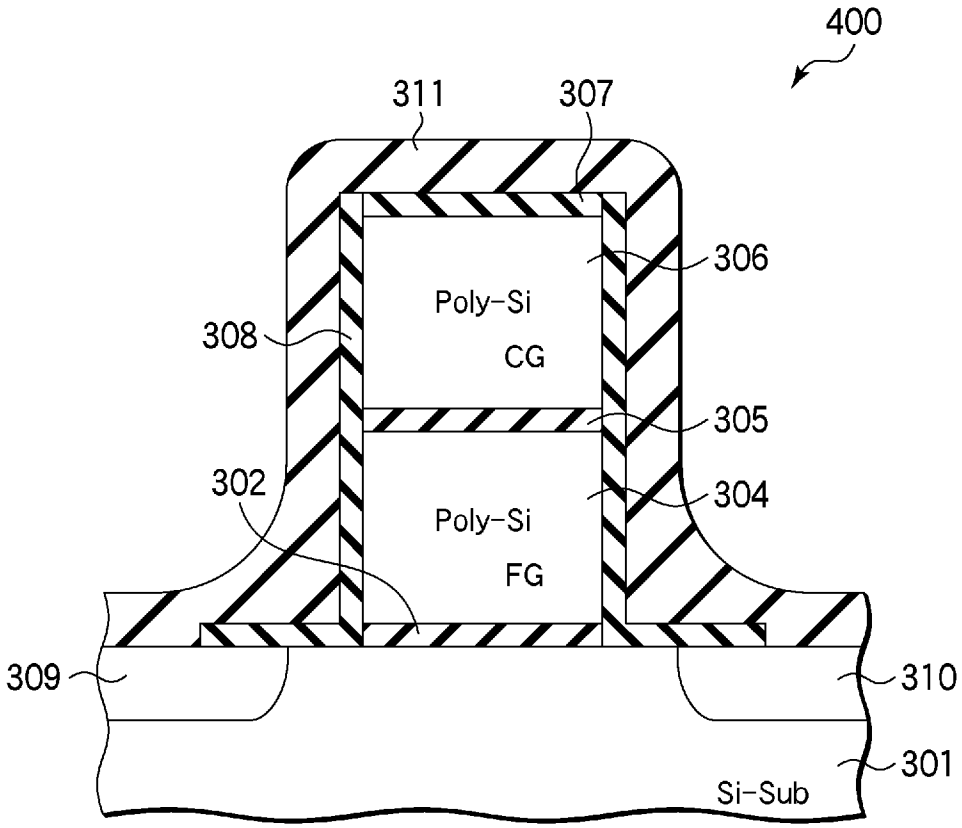
[図7C]


107
200
103
102
Poly-Si
104
105
Si
101
106

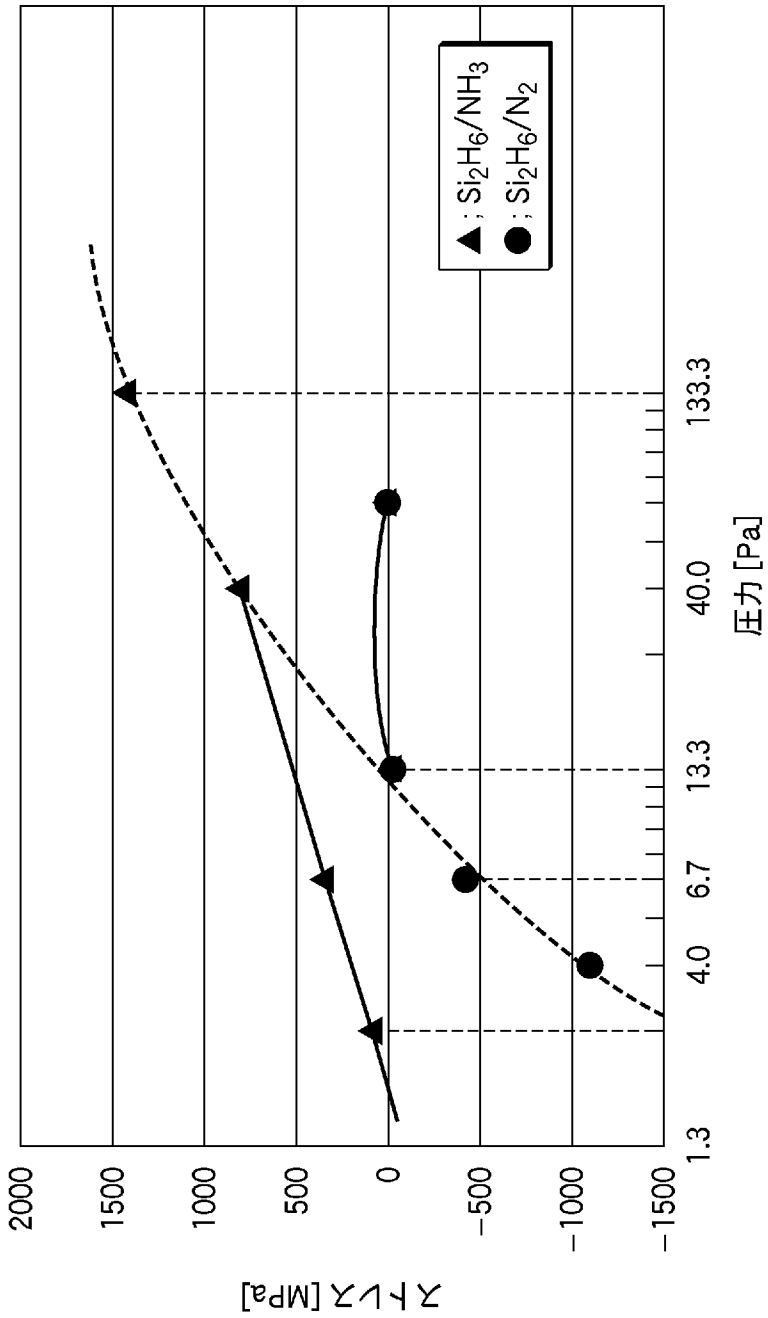
[図8]


300
227
213
Si-Sub
202
226
224
Poly-Si
228
204
212
225
230
216
201
210
214
Poly-Si
211
203
218
215
217
213

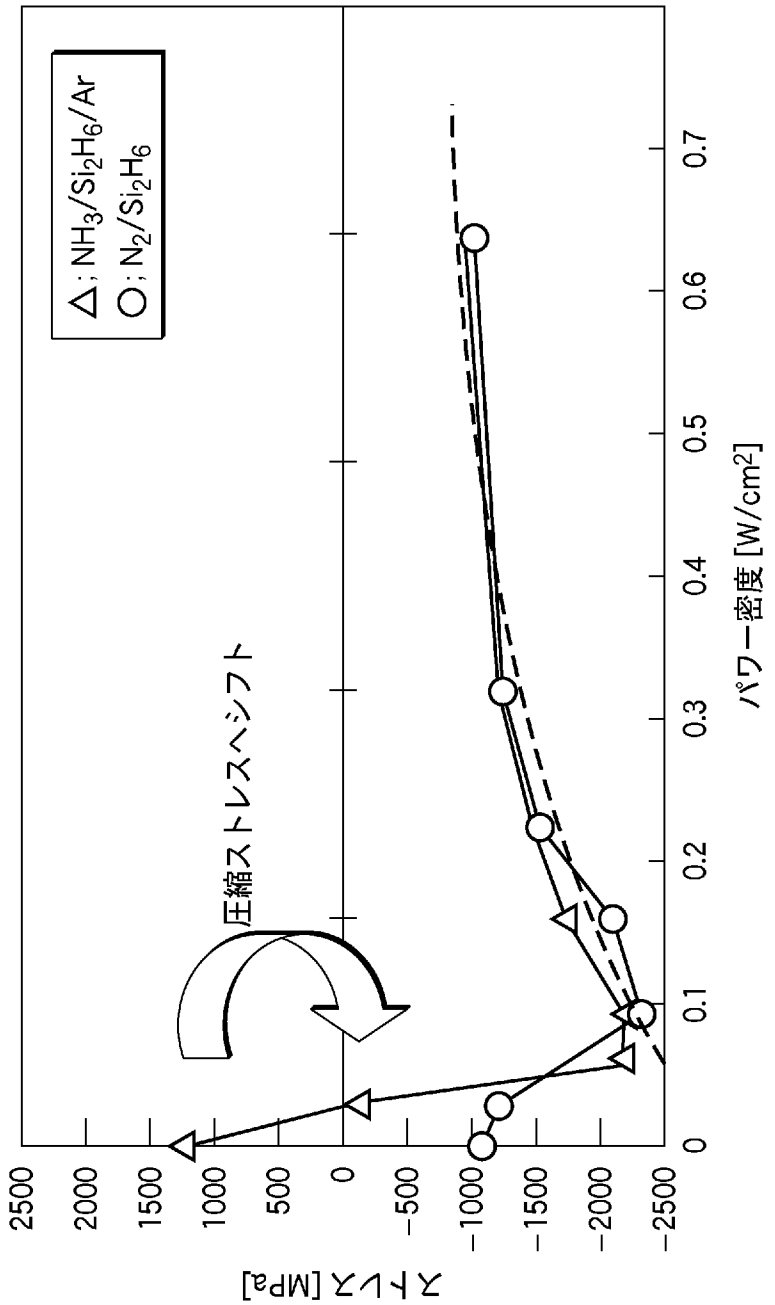
[図9]


400
311
307
306
Poly-Si
CG
308
305
302
304
Poly-Si
FG
309
310
301
Si-Sub

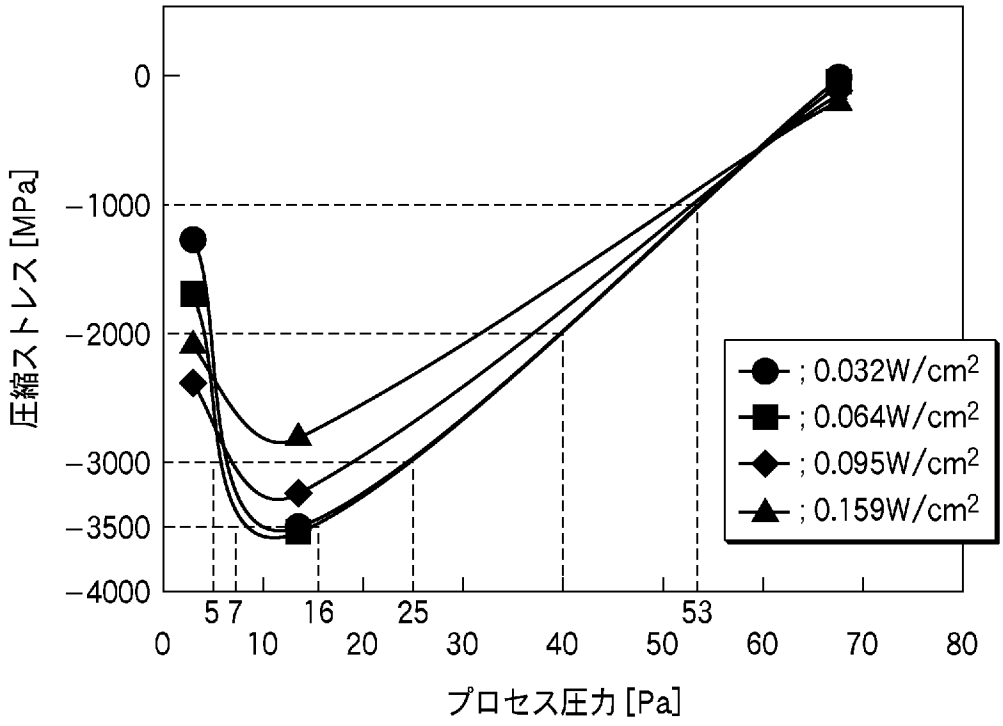
[図10]


▲ ; Si_2H_6/NH_3
● ; Si_2H_6/N_2
圧力 [Pa]
1.3
4.0
6.7
13.3
40.0
133.3
2000
1500
1000
500
0
−500
−1000
−1500
ストレス [MPa]

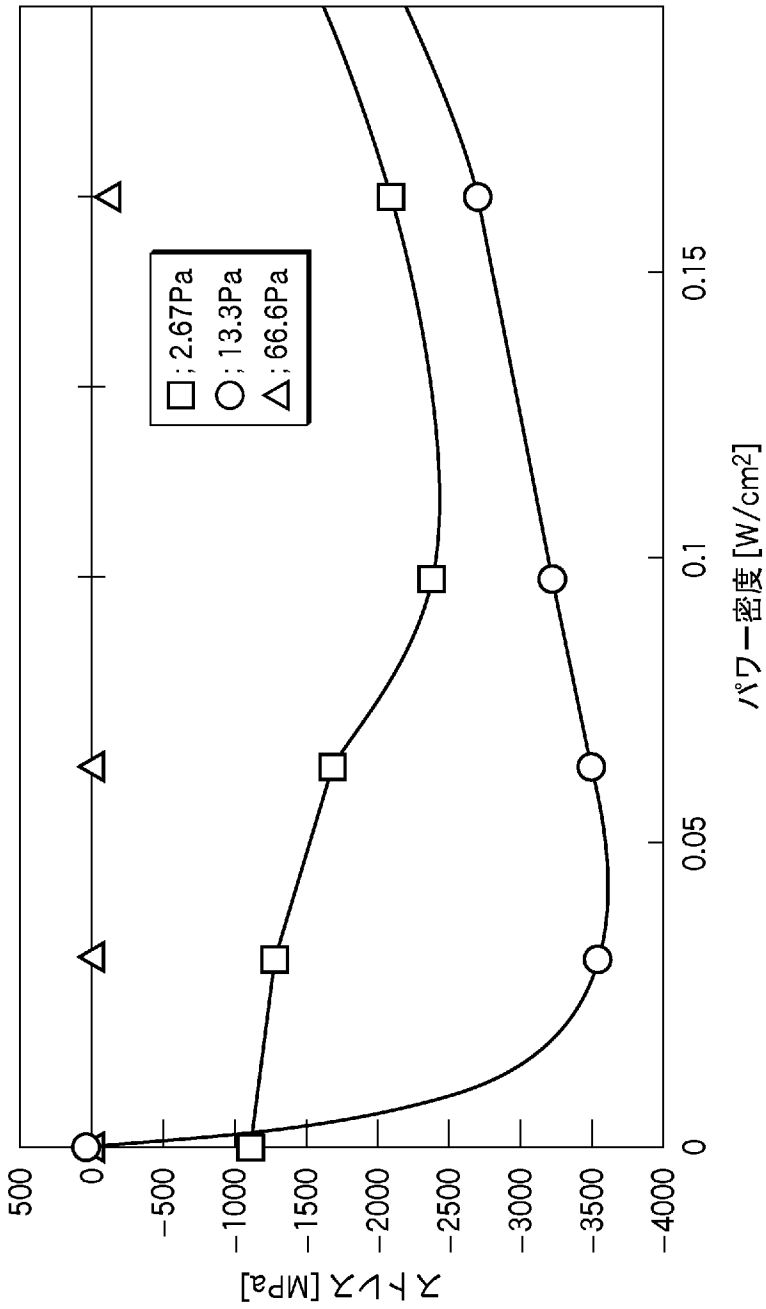
[図11]


△; NH3/Si2H6/Ar
○; N2/Si2H6
圧縮ストレスへシフト
ストレス [MPa]
パワー密度 [W/cm2]
2500
2000
1500
1000
500
0
−500
−1000
−1500
−2000
−2500
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7

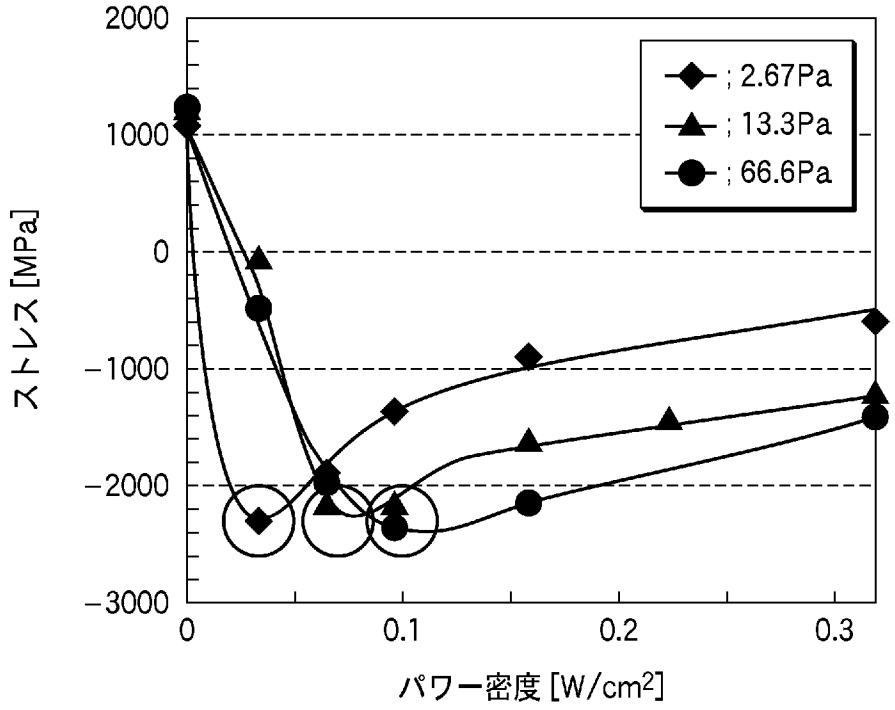
[図12]


0
−1000
−2000
−3000
−3500
−4000
圧縮ストレス [MPa]
5 7
16
25
53
0
10
20
30
40
50
60
70
80
プロセス圧力 [Pa]
; 0.032W/cm2
; 0.064W/cm2
; 0.095W/cm2
; 0.159W/cm2

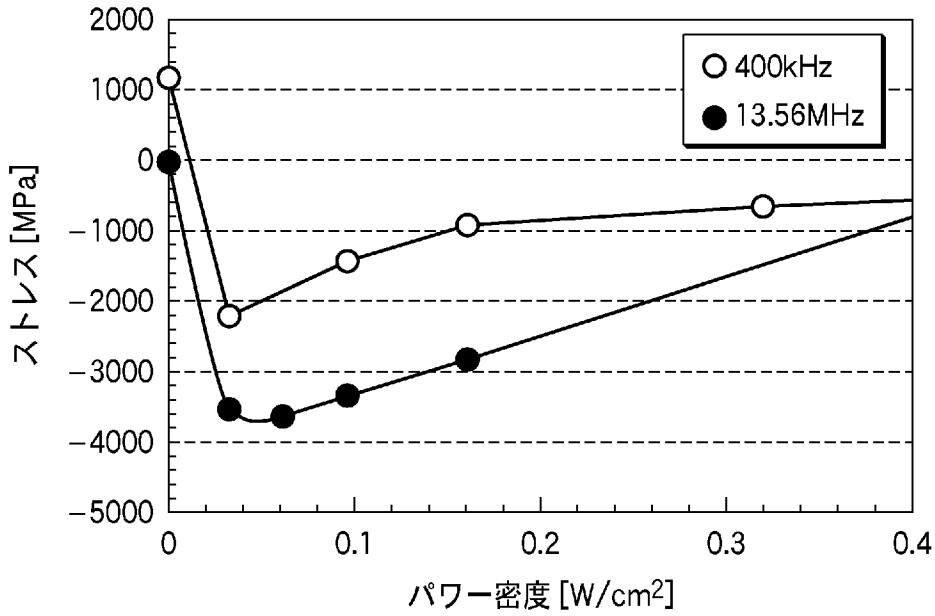
[図13]


□; 2.67Pa
○; 13.3Pa
△; 66.6Pa
500
0
−500
−1000
−1500
−2000
−2500
−3000
−3500
−4000
ストレス [MPa]
0
0.05
0.1
0.15
パワー密度 [W/cm2]

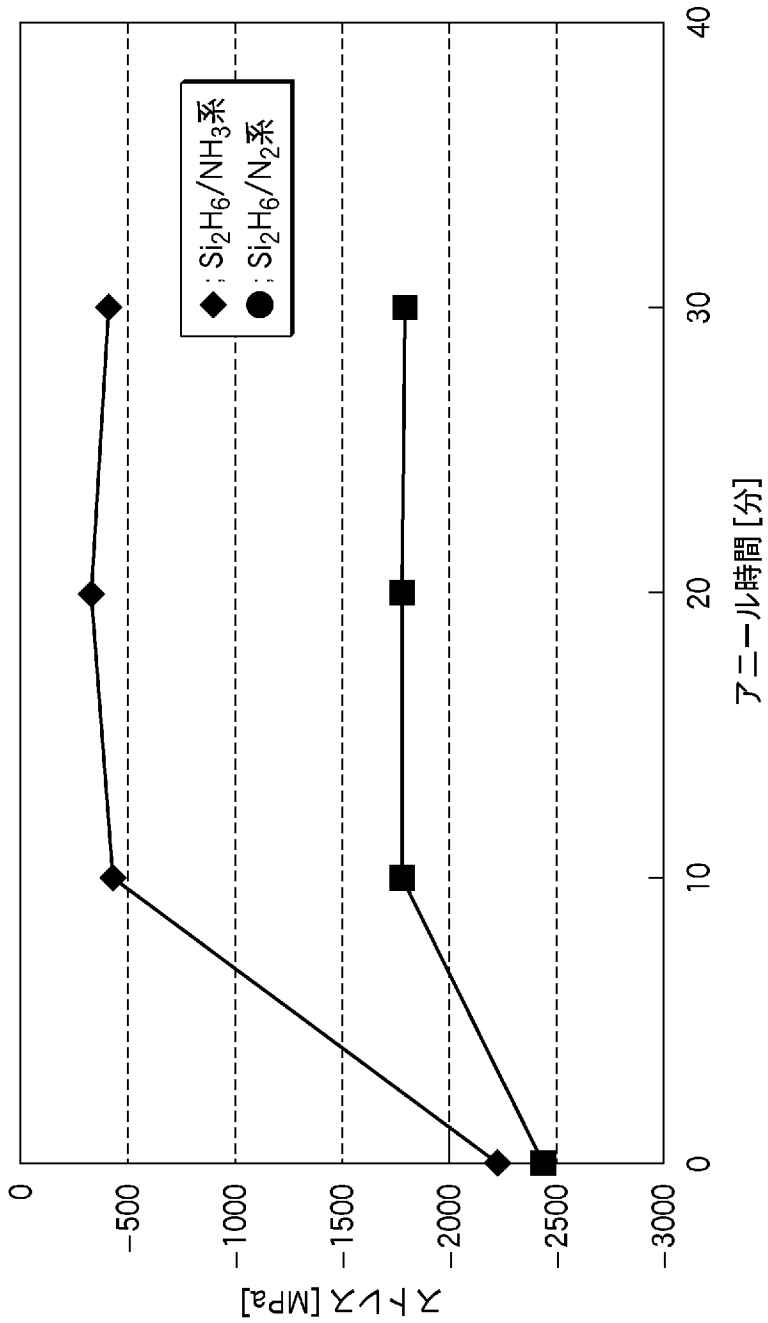
[図14]


2000
1000
0
−1000
−2000
−3000
0
0.1
0.2
0.3
ストレス [MPa]
パワー密度 [W/cm2]
; 2.67Pa
; 13.3Pa
; 66.6Pa

[図15]


2000
1000
0
−1000
−2000
−3000
−4000
−5000
0
0.1
0.2
0.3
0.4
ストレス [MPa]
パワー密度 [W/cm2]
400kHz
13.56MHz

[図16]


◆; Si_2H_6/NH_3系
●; Si_2H_6/N_2系
0
−500
−1000
−1500
−2000
−2500
−3000
ストレス [MPa]
0
10
20
30
40
アニール時間 [分]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/060976

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/31(2006.01)i, *C23C16/34*(2006.01)i, *C23C16/511*(2006.01)i, *H01L21/318*(2006.01)i, *H01L21/8247*(2006.01)i, *H01L27/115*(2006.01)i, *H01L29/78*(2006.01)i, *H01L29/788*(2006.01)i, *H01L29/792*(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, C23C16/34, C23C16/511, H01L21/318, H01L21/8247, H01L27/115, H01L29/78, H01L29/788, H01L29/792

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 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

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 Y	JP 2005-93737 A (Tokyo Electron Ltd.), 07 April, 2005 (07.04.05), Par. Nos. [0029] to [0059]; Fig. 1 (Family: none)	1,3,15, 17-18,20,32, 34,36-38 2,4-14,16, 19,21-31,33, 35
Y	JP 2006-80161 A (Fujitsu Ltd.), 23 March, 2006 (23.03.06), Par. Nos. [0022] to [0131]; Figs. 4 to 26 (Family: none)	2,4-13,19, 21-30,35
Y	JP 11-340221 A (Hitachi, Ltd.), 10 December, 1999 (10.12.99), Par. No. [0030] (Family: none)	14,16,31,33

☐ 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
27 June, 2007 (27.06.07)	10 July, 2007 (10.07.07)
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／ＪＰ２００７／０６０９７６

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, C23C16/34(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i, H01L21/8247(2006.01)i, H01L27/115(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i, H01L29/788(2006.01)i, H01L29/792(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, C23C16/34, C23C16/511, H01L21/318, H01L21/8247, H01L27/115, H01L29/78, H01L29/788, H01L29/792

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	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７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	ＪＰ　２００５－９３７３７　Ａ（東京エレクトロン株式会社）２００５．０４．０７，段落【００２９】～【００５９】，第１図（ファミリーなし）	1, 3, 15, 17-18, 20, 32, 34, 36-38
Y		2, 4-14, 16, 19, 21-31, 33, 35

☑　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
２７．０６．２００７	１０．０７．２００７

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　３１２３
山本　雄一
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４７１

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	関連する請求の範囲の番号
Ｙ	ＪＰ　２００６－８０１６１　Ａ（富士通株式会社） ２００６．０３．２３，段落【００２２】～【０１３１】， 第４－２６図（ファミリーなし）	2, 4-13, 19, 21-30, 35
Ｙ	ＪＰ　１１－３４０２２１　Ａ（株式会社日立製作所） １９９９．１２．１０，段落【００３０】（ファミリーなし）	14, 16, 31, 33