

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6867159号
(P6867159)

(45) 発行日 令和3年4月28日 (2021.4.28)

(24) 登録日 令和3年4月12日 (2021.4.12)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 G
H O 5 H 1/46 (2006.01)	H O 5 H 1/46 M

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-523735 (P2016-523735)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成26年4月30日 (2014.4.30)		アプライド マテリアルズ インコーポレ
(65) 公表番号	特表2016-530705 (P2016-530705A)		イテッド
(43) 公表日	平成28年9月29日 (2016.9.29)		APPLIED MATERIALS, I
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/036010		N CORPORATION
(87) 国際公開番号	W02014/209489		アメリカ合衆国 カリフォルニア 950
(87) 国際公開日	平成26年12月31日 (2014.12.31)		54, サンタ クララ, パウアーズ
審査請求日	平成29年4月7日 (2017.4.7)		アヴェニュー 3050
審査番号	不服2019-3237 (P2019-3237/J1)	(74) 代理人	100101502
審査請求日	平成31年3月7日 (2019.3.7)		弁理士 安齋 嘉章
(31) 優先権主張番号	61/841,194	(72) 発明者	ドーン ケニー リン
(32) 優先日	平成25年6月28日 (2013.6.28)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		131 サン ノゼ フミア プレイス
			1801

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 縁部クリティカルディメンジョンの均一性制御用のプロセスキット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

露出した上面と、底面とを有する外側石英リングと、

外側石英リングと係合するように構成され、これによってオーバーラップ領域を画定する内側シリコンリングであって、オーバーラップ領域において内側シリコンリングを覆う外側石英リングの面積は調整可能であり、外側石英リングの内径は前記面積を決定するために選択可能であり、内側シリコンリングは、

内面と、

上面と、

内面と上面との間に形成されたノッチとを有し、内面はリングアセンブリの内径を画定し、ノッチは、

内面から延びる内側上面と、

内側上面から上面まで延びる中間面を有し、ノッチは、基板の縁部を受け入れる大きさであり、オーバーラップ領域における外側石英リングの高さは、中間面の長さよりも大きく、

内側シリコンリングの外側部分の外側上面であって、オーバーラップ領域内で、外側石英リングの底面の内側部分の下にあり、接触するように構成された外側上面と、

半径方向内方かつ上方に傾斜し、外側上面と上面を結合する傾斜面を含む内側シリコンリングとを含むリングアセンブリ。

【請求項 2】

10

20

外側石英リングの底面の内側部分の下にある内側シリコンリングのオーバーラップ領域の下にある中間石英リングを含む、請求項 1 記載のリングアセンブリ。

【請求項 3】

オーバーラップ領域は、中間面のノッチから 30 mm まで内側シリコンリングに沿って延びる、請求項 1 記載のリングアセンブリ。

【請求項 4】

傾斜面は、内側シリコンリングの上面に対して 45 度で配向される、請求項 1 記載のリングアセンブリ。

【請求項 5】

チャンバ本体と、

10

チャンバ本体内に配置され、カソード電極が内部に配置された基板支持台座と、

基板支持台座上に配置されたリングアセンブリを含み、リングアセンブリは、

露出した上面と、底面とを有する外側石英リングと、

外側石英リングと係合するように構成され、これによってオーバーラップ領域を画定する内側シリコンリングであって、オーバーラップ領域において内側シリコンリングを覆う外側石英リングの面積は調整可能であり、外側石英リングの内径は前記面積を決定するために選択可能であり、内側シリコンリングは、

内面と、

実質的に平坦な上面と、

内面と上面との間に形成されたノッチとを有し、内面はリングアセンブリの内径を画定し、ノッチは、

20

内面から延びる内側上面と、

内側上面から上面まで延びる中間面を有し、ノッチは、基板の縁部を受け入れる大きさであり、オーバーラップ領域における外側石英リングの高さは、中間面の長さよりも大きく、

内側シリコンリングの外側上面であって、オーバーラップ領域内で、外側石英リングの底面の内側部分の下にあり、接触するように構成され、オーバーラップ領域は、カソード電極の上に配置される外側上面と、

半径方向内方かつ上方に傾斜し、外側上面と上面を結合する傾斜面を含む内側シリコンリングとを含む、プラズマ処理チャンバ。

30

【請求項 6】

カソード電極は、内側シリコンリングを越えて延びている、請求項 5 記載のプラズマ処理チャンバ。

【請求項 7】

外側石英リングの底面の内側部分の下にある内側シリコンリングのオーバーラップ領域の下にある中間石英リングを含む、請求項 5 記載のプラズマ処理チャンバ。

【請求項 8】

オーバーラップ領域は、0 mm より大きく、30 mm までの半径方向の寸法を有する、請求項 5 記載のプラズマ処理チャンバ。

【請求項 9】

40

オーバーラップ領域は、中間面のノッチから 30 mm まで内側シリコンリングに沿って延びる、請求項 5 記載のプラズマ処理チャンバ。

【請求項 10】

傾斜面は、内側シリコンリングの上面に対して 45 度で配向される、請求項 5 記載のプラズマ処理チャンバ。

【発明の詳細な説明】

【開示の背景】

【0001】

(発明の分野)

本明細書の実施形態は、概して、プラズマ処理中に基板の縁部に沿ってクリティカルデ

50

イメメンジョンの均一性を制御することに関する。より具体的には、実施形態は、調整可能なリングプロセスキット及びその使用方法に関する。

【 0 0 0 2 】

(背景技術の説明)

様々な半導体製造プロセス（とりわけ、プラズマ支援エッチング、物理蒸着、及び化学蒸着等）が、内部で半導体ワークピースが処理中にカバーリングと係合（嵌合）するプラズマ処理チャンバ内で実行される。例えば、ワークピースをエッチングするために構成されたプラズマ処理チャンバ内では、半導体基板は、処理チャンバ内の基板支持台座上に取り付けられる。基板支持台座は、R F バイアスを印加可能な金属電極を含む。プラズマは、処理チャンバに供給される処理ガスの混合物から形成される。処理チャンバ内の圧力は、チャンバから副生成物もまた除去するポンプによって維持される。電源は、基板支持台座内部の電極に結合され、これによってプラズマに対して負のバイアス電圧を電極上に生成する。バイアス電圧は、プラズマからイオンを引きつけ、ワークピースに衝突させ、これによって所望の製造プロセスを促進する。電極が負にバイアスされているので、基板支持台座は、しばしばカソードと呼ばれる。

10

【 0 0 0 3 】

カソードは、通常、カバー及びライナによって囲まれ、これによってイオン衝撃に起因するダメージからカソードを保護する。例えば、ライナは、カソードの側壁を取り囲むために利用することができ、一方、カバーリングは、カソードの上面を覆うために利用される。基板は、台座上に支持されながら、カバーリングの内側に配置される。チャンバ内に形成されたプラズマガスからのイオンは、基板を標的にするためにカソードによってバイアスが掛けられる。しかしながら、エッチング中、プラズマからのイオンは、基板内に形成された構造（フィーチャー）の側壁を攻撃する傾向のある自然の広がり角を有する。また、カバーリングの偏りは、基板とは異なり、基板の表面全域に亘るイオンの不均一性につながる。

20

【 0 0 0 4 】

半導体デバイスを形成するために使用される構造の幾何学的限界が、技術の限界に押されるにつれて、小さなクリティカルディメンジョンの構造の製造中の正確なプロセス制御の必要性は、ますます重要になってきている。クリティカルディメンジョン（例えば、相互接続、ビア、トレンチ、接点（コンタクト）、デバイス、ゲート及び他の構造、並びにそれらの間に配置された誘電体材料の幅又はピッチ）は、それに応じて減少する。しかしながら、プラズマガスの不均一性は、特に、それがリングに合う基板の縁部近くで、悪い処理結果に寄与する。

30

【 0 0 0 5 】

いくつかのデバイス構成は、所望の構造を形成するためにディープフィーチャーエッチングを要求する。高アスペクト比を有する構造のディープフィーチャーエッチングに関連する課題は、チャンバ内のイオンの不均一な分布に起因する異なるフィーチャー密度及びほぼ垂直な側壁の形成を有する複数の層を貫通して形成されるフィーチャー内のエッチング速度を制御することである。エッチング処理中の基板表面全域に亘るプラズマの不均一性に起因する悪いプロセス制御は、不規則な構造プロファイル及びラインエッジ粗さをもたらし、これによって形成された構造に対して悪いライン整合性及び不正確なクリティカルディメンジョンをもたらす可能性がある。エッチング中に形成されたエッチング副生成物の不規則なプロファイル及び成長は、構造を製造するために使用される開口を徐々に塞ぎ、これによってエッチング構造の湾曲した、ゆがんだ、崩壊した、又はねじれたプロファイルをもたらす可能性がある。

40

【 0 0 0 6 】

従って、構造のジオメトリは、更に高いアスペクト比に向かって移るので、上層をアンダーエッチングする又は下層内にオーバーエッチングすることなく基板上で制御する、特に、基板の異なる領域に亘って制御するために、効率的かつ正確なエッチング速度を維持することは、ますます困難になっている。基板上に構造又はパターンを設計通りに形成す

50

ることの失敗は、望まない欠陥をもたらし、後続のプロセス工程に悪影響を与え、究極的には最終的な集積回路構造の性能を低下させる又は不能にする可能性がある。

【 0 0 0 7 】

新しい 3 D N A N D アーキテクチャは、エッチングシステムに対する要求を強める交互の誘電体層のスタックを含む。エッチングシステムは、最大 8 0 : 1 までの構造のアスペクト比のために基板全体に亘る厳しいプロファイル制御ができなければならない。クリティカルディメンジョン (C D) が縮まり、製造業者は、単一の基板上により多くのデバイスをパッケージングするのに骨を折っている。次世代の半導体デバイスに適した高アスペクト比の構造をエッチングするための改善された方法及び装置が必要とされている。

10

【 概要 】

【 0 0 0 8 】

本発明の実施形態は、調整可能なリングアセンブリ、調整可能なリングアセンブリを有するプラズマ処理チャンバ、及びプラズマ処理を調整するための方法を提供する。一実施形態では、調整可能なリングアセンブリは、露出した上面と、底面とを有する外側セラミックスリングと、外側セラミックスリングと係合するように構成され、これによってオーバーラップ領域を画定する内側シリコンリングであって、内側シリコンリングは、内面と、上面と、内面と上面との間に形成されたノッチとを有し、内面は、リングアセンブリの内径を画定し、ノッチは、基板の縁部を受け入れる大きさであり、内側シリコンリングの上面の外側部分は、オーバーラップ領域内で、外側セラミックスリングの底面の内側部分の下にあり、接触するように構成される内側シリコンリングとを含む。

20

【 0 0 0 9 】

別の一実施形態では、プラズマ処理チャンバが提供される。プラズマ処理チャンバは、チャンバ本体内に配置された基板支持台座を含む。基板支持台座は、カソード電極が内部に配置される。リングアセンブリは、基板支持体上に配置される。リングアセンブリは、外側セラミックスリングと係合するように構成され、これによってオーバーラップ領域を画定する内側シリコンリングを含む。外側セラミックスリングは、露出した上面と、底面とを有する。内側シリコンリングは、内面と、上面と、内面と上面との間に形成されたノッチとを有する。内面は、リングアセンブリの内径を画定する。ノッチは、基板の縁部を受け入れる大きさである。内側シリコンリングの上面の外側部分は、オーバーラップ領域内で、外側セラミックスリングの底面の内側部分の下にあり、接触するように構成され、これによってオーバーラップは、カソード電極の上に配置される。

30

【 0 0 1 0 】

更に別の一実施形態では、リングアセンブリによってエッチング速度を調整するための方法が提供される。本方法は、リングアセンブリによって囲まれた第 1 基板をエッチングする工程であって、リングアセンブリは、セラミックス外側リングとシリコン内側リングがオーバーラップ領域を画定するために係合する工程と、オーバーラップ領域を変更するために、セラミックス外側リングとシリコン内側リングのうちの少なくとも 1 つを交換する工程と、変更されたオーバーラップ領域を有するリングアセンブリの存在下で第 2 基板をエッチングする工程とを含む。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

本明細書内の実施形態の上述した構成を達成し、詳細に理解することができるように、上記に簡単に要約した本発明のより具体的な説明を、添付図面に示されているその実施形態を参照して行うことができる。

【 図 1 】 一実施形態に係る調整可能なリングアセンブリを有するプラズマ処理チャンバを示す。

【 図 2 】 内側リング及び外側リングを示す、図 1 に示された調整可能なリングアセンブリの部分断面図を示す。

【 図 3 】 内側及び外側リングのオーバーラップ部分を示す。

50

【図 4】リングアセンブリの様々な構成に対するエッチング速度を示すグラフを示す。

【0012】

実施形態の理解を促進するために、図面に共通する同一の要素を示す際には可能な限り同一の参照番号を使用している。一実施形態の要素及び構成を更なる説明なしに他の実施形態に有益に組み込んでよいと理解される。

【0013】

しかしながら、添付図面は本発明の例示的な実施形態を示しているに過ぎず、従ってこの範囲を制限されていると解釈されるべきではなく、本発明は他の等しく有効な実施形態を含み得ることに留意すべきである。

【詳細な説明】

10

【0014】

本発明の実施形態は、プラズマ処理を受ける基板の表面全域に亘ってプラズマイオンの横方向の均一性を制御可能にする調節可能なリングアセンブリを提供する。調整可能なリングアセンブリは、基板の縁部に沿ったイオンの混合及び濃度を変更することによって、基板の縁部に沿ってクリティカルディメンジョンを制御することができる。有利には、調整可能なリングアセンブリは、構造（フィーチャー）のCDの制御を維持しながら、積み重ねられた回路又は三次元集積回路（3D IC）内の高アスペクト比（HAR）の構造のエッチングを可能にする。

【0015】

新たな調整可能なリングアセンブリは、外側縁部に露出した上部石英表面と、内側縁部に露出した上面を提供する。内側縁部のシリコン表面は、エッチング処理中にプラズマ処理チャンバ内の基板の下に部分的に延びるように構成される。石英表面は、シリコン表面を部分的に覆う。オーバーラップの量は、調節又は調整され、これによってシリコン表面に隣接する基板の縁部に沿ってエッチングを制御することができる。リングアセンブリの石英表面がシリコン表面にオーバーラップすることができる割合は、約0%～約100%の範囲であり、これによって基板の縁部内及び周囲でプラズマイオンの流れを実質的に制御する。

20

【0016】

図1は、調節可能なリングアセンブリ130を有する例示的な処理チャンバ100を示す。例示的な処理チャンバ100は、エッチング処理チャンバとして構成され、基板から1以上の材料層を除去するのに適している。本発明から利益を得るように適合させることができる処理チャンバの一例は、カリフォルニア州サンタクララにあるアプライドマテリアルズ社（Applied Materials, Inc.）から入手可能なApplied CENTURA（商標名）Avatar（商標名）エッチング処理チャンバである。他の製造業者からのものを含む他の処理チャンバは、本発明の実施形態を実施するように適合させることができることが理解される。

30

【0017】

処理チャンバ100は、チャンバ蓋アセンブリ110によって密閉され、内部に処理チャンバ容積152を画定するチャンバ本体105を含む。チャンバ本体105は、側壁112と、底部118と、それらに結合された接地シールドアセンブリ126を有する。側壁112は、側壁112を保護し、処理チャンバ100のメンテナンスサイクル間の時間を延ばすためのライナ115を有する。チャンバ本体105及び処理チャンバ100の関連するコンポーネントの寸法は、限定されるものではなく、一般的に、処理される基板120のサイズよりも比例的に大きい。基板サイズの例は、とりわけ、直径150mm、直径200mm、直径300mm、及び直径450mmを有する基板120を含む。

40

【0018】

チャンバ本体105は、アルミニウム又は他の適切な材料から製造することができる。基板アクセスポート113は、チャンバ本体105の側壁112を貫通して形成され、処理チャンバ100の内外への基板120の搬送を促進する。アクセスポート113は、基板処理システムの搬送チャンバ及び/又は他のチャンバ（いずれも図示せず）に結合する

50

ことができる。

【0019】

ポンピングポート145は、チャンバ本体105の側壁112を貫通して形成され、排気マニホールド123を介してチャンバ容積に接続される。ポンピング装置（図示せず）が処理チャンバ容積152に結合され、これによって排気して内部の圧力を制御する。排気マニホールド123は、ポンピング装置から排気マニホールド123内に引き込まれたプラズマガスの均一性を制御するためのバッフル板154を有する。ポンピング装置は、1以上のポンプ及びスロットルバルブを含むことができる。ポンピング装置及びチャンバ冷却設計は、熱収支のニーズに適した温度（例えば、約-25～約500）で、高ベース真空（約 1×10^{-8} Torr以下）及び低い立ち上がり速度（約1000 mTorr / 分）を可能にする。一実施形態では、ポンピング装置は、10～30 mTorrの間の真空圧を可能にする。

10

【0020】

ガス源160はチャンバ本体105に結合され、これによって処理チャンバ容積152内に処理ガスを供給する。1以上の実施形態では、処理ガスは、必要に応じて、不活性ガス、非反応性ガス、及び反応性ガスを含むことができる。ガス源160によって供給可能な処理ガスは、炭素含有ガスを含み、オプションで酸素含有ガス及び／又は不活性ガスを伴うが、これらに限定されない。炭素含有ガスの例は、 CO_2 、 CO 、 CH_4 、 C_2H_4 、 C_2H_6 、 CH_2F_2 、 $\text{C}_x\text{F}_y\text{H}_z$ 、 COS 等を含む。酸素含有ガスの例は、 O_2 、 NO 、 N_2O 、 CO_2 、 CO 、 COS 等を含む。あるいはまた、キャリアガス（例えば、 N_2 、 Ar 、又は He ）もまた、処理チャンバ100内にハイドロフルオロカーボンガスをと共に組み込むことができる。ガスの更なる組み合わせは、ガス源160からチャンバ本体105へ供給することができる。例えば、 HBr と O_2 の混合物を処理容積内に供給して、シリコン（ Si ）基板をエッチングすることができる。一実施形態では、エッチングガス混合物内に供給される処理ガスは、 $\text{COS} / \text{O}_2 / \text{N}_2 / \text{CH}_4$ である。

20

【0021】

蓋アセンブリ110は、一般的に、シャワーヘッド114を含む。シャワーヘッド114は、ガス源160から処理チャンバ容積152内に処理ガスを導入するための複数のガス送出孔150を有する。シャワーヘッド114は、整合回路141を介してRF電源142に接続される。シャワーヘッド114に供給されるRF電力は、シャワーヘッド114を出た処理ガスを励起し、これによって処理チャンバ容積152内にプラズマを形成する。

30

【0022】

基板支持台座135は、処理チャンバ容積152内でシャワーヘッド114の下方に配置される。基板支持台座135は、処理中に基板120を保持するための静電チャック（ESC）122を含むことができる。調整可能なリングアセンブリ130は、ESC122上に、基板支持台座135の周縁部に沿って配置される。調整可能なリングアセンブリ130は、基板支持台座135の上面を処理チャンバ100内部のプラズマ環境から遮蔽しながら、基板120の縁部でのエッチングガスラジカル分布を制御するように構成される。

40

【0023】

ESC122は、整合回路124と統合されたRF電源125によって通電される。ESC122は、誘電体133内に埋め込まれた電極134を含む。RF電源125は、約200ボルト～約2000ボルトのRFチャッキング電圧を電極134に供給することができる。RF電源125はまた、基板120をチャック・デチャックするための電極にDC電流を向けることによって電極134の動作を制御するためのシステムコントローラに結合することができる。アイソレータ128は、ESC122の側壁をプラズマイオンに対してより引き付けなくさせる目的のためにESC122を囲む。また、基板支持台座135は、カソードライナ139を有し、これによって基板支持台座135の側壁をプラズマガスから保護し、プラズマ処理チャンバ100のメンテナンス間の時間を延ばす。カソ

50

ードライナ 139 及びライナ 115 は、セラミックス材料から形成することができる。例えば、カソードライナ 139 とライナ 115 の両方は、イットリアから形成することができる。

【0024】

冷却ベース 129 は、基板支持台座 135 を保護するために提供され、基板 120 の温度を制御するのを助長する。冷却ベース 129 及び ESC 122 は、一緒に動作し、基板 120 上に製造されるデバイスの熱収支によって要求される温度範囲内に基板温度を維持する。ESC 122 は、基板を加熱するためのヒータを含むことができ、一方、冷却ベース 129 は、ESC 122 及び上に配置される基板からの沈んでいる熱に熱伝達流体を循環させるための導管を含むことができる。例えば、ESC 122 及び冷却ベース 129 は、特定の実施形態では、約 -25 ~ 約 100 の温度に、他の実施形態では、約 100 ~ 約 200 の温度範囲の温度で、更に他の実施形態では、約 200 ~ 約 500 で、基板 120 を保持するように構成することができる。一実施形態では、ESC 122 及び冷却ベース 129 は、約 15 ~ 約 40 に基板 120 の温度を維持する。

10

【0025】

リフトピン（図示せず）は、基板支持台座 135 を貫通して選択的に動かされ、これによって基板支持台座 135 の上方に基板 120 を持ち上げ、搬送ロボット又は他の適切な搬送機構による基板 120 へのアクセスを促進する。

【0026】

カソード電極 138 は、基板支持台座 135 内に配置され、統合された整合回路 137 を介して RF 電源 136 に接続される。カソード電極 138 は、基板 120 の下からプラズマに電力を容量結合する。一実施形態では、RF 電源 136 は、カソード電極 138 に約 200 W ~ 約 1000 W の間の RF 電力を提供する。

20

【0027】

コントローラ 146 は、処理チャンバ 100 に結合させることができる。コントローラは、中央処理装置（CPU）147、メモリ、及びサポート回路を含むことができる。コントローラは、処理シーケンスを制御するために用いられ、ガス供給源 160 から処理チャンバ 100 内へのガス流、電源 136、142 への電力、及び他の処理パラメータを調節する。CPU 147 は、工業環境で使用可能な汎用コンピュータプロセッサの任意の形態とすることができる。ソフトウェアルーチンは、メモリ（例えば、ランダムアクセスメモリ、リードオンリーメモリ、フロッピー（商標名）又はハードディスクドライブ、又は他の形態のデジタルストレージ）内に格納することができる。サポート回路は、CPU 147 に従来的に結合され、キャッシュ、クロック回路、入力/出力サブシステム、電源等を含むことができる。ソフトウェアルーチンは、CPU 147 によって実行されると、処理が本発明に従って実行されるように処理チャンバ 100 を制御する特定の目的のコンピュータ（コントローラ）に CPU 147 を変換する。ソフトウェアルーチンはまた、処理チャンバ 100 から離れて位置する第 2 コントローラ（図示せず）によって保存及び/又は実行されてもよい。

30

【0028】

処理中、ガスが処理チャンバ 100 内に導入され、これによってプラズマを形成し、基板 120 の表面をエッチングする。基板支持台座 135 は、電源 136 によってバイアスが掛けられる。電源 142 は、プラズマを形成するためにシャワーヘッド 114 から離れたガス源 160 によって供給される処理ガスを励起する。プラズマからのイオンは、基板支持台座 135 内のカソードに引き寄せられ、基板 120 に衝突/エッチングする。調整可能なリングアセンブリ 130 は更に、基板の縁部でエッチャントの分布を制御し、これによって所望のエッチング結果を得るように、縁部から中心までのエッチングの均一性を制御することができる。

40

【0029】

一実施形態では、基板 120 は、高アスペクト比の構造を有してエッチングされる。エッチング混合物を処理チャンバ内に供給しながら、いくつかの処理パラメータが調節され

50

る。エッチングガス混合物の存在下でのチャンバ圧力は、約 10 mTorr ~ 約 30 mTorr の間で調節される。基板 120 の温度は、約 15 ~ 約 40 の間に維持される。COS / O₂ / N₂ / CH₄ の処理ガスは、ガス源 160 によってシャワーヘッド 114 を介して処理チャンバ容積 152 内に供給することができる。電源 142 は、処理ガスを励起して、これによってバイアス電力電極 138 に印加される RF バイアス電力の約 200 W ~ 約 1000 W の印加によって基板 120 に引き寄せられたイオンを有するプラズマガスを形成する。

【0030】

プラズマ処理チャンバ 100 内の調整可能なリングアセンブリ 130 の構成は、基板 120 上に配置された特定の材料をエッチングするために用いられる処理パラメータに応じて選択することができる。調整可能なリングアセンブリ 130 を含む要素の構成は、基板 120 の表面全域に亘るプラズマイオンの分布を制御するように選択することができ、またポリマー制御と、マスクの開口部を通して基板上に配置された下地の層がエッチングされるマスクの開口部の開口とを支援する基板の縁部に供給される酸素の量を制御するように選択することができる。調整可能なリングアセンブリ 130 の要素間の関係及び基板全域に亘る及び基板 120 の縁部に沿ったプラズマ成分の分布をよりよく理解するために、調節可能なリングアセンブリ 130 は、図 2 を参照してより詳細に説明される。

【0031】

図 2 は、図 1 に示した調整可能なリングアセンブリ 130 の部分断面図である。調整可能なリングアセンブリ 130 は、内側シリコンリング 212 と外側石英リング 210 を含むリング状の多部材体 200 を有する。調整可能なリングアセンブリ 130 は、オプションで中間石英リング 211 を含むことができる。中間石英リング 211 は、基板支持台座 135 の外側に取り付けられ、縁部保護リング (EPR) として作用し、これによって ESC とチャンバ内のプラズマ環境との間に視線通路の存在を防ぐことによって ESC 122 でのアーク放電を防止する。

【0032】

内側シリコンリング 212 は、半径方向内側部分 230、中間部分 231、及び半径方向外側部分 232 を有する。内側シリコンリング 212 は、内側、中間、及び外側部分 230、231、232 のそれぞれに共通の底部を画定する底面 247 を有する。内側シリコンリング 212 の内側部分 230 は、調整可能なリングアセンブリ 130 の中央 (例えば、中心線) に向く。

【0033】

内側部分 230 は、図 1 に示されるように、基板 120 の下にあるような寸法の上面 241 を有する。内側部分 230 の上面 241 は、内面 239 と中間面 242 の間に境界付けされる。内面 239 は、内側シリコンリング 212 の最も内側の直径を画定し、一実施形態では、円筒状の形状を有する。上面 241 は、内面 239 の上部から中間面 242 の底部まで延びる。中間面 242 は、上面 241 から中間部分 231 の上面 243 まで上方に延びる。上面 241 及び中間面 242 は、基板が上に載る内側シリコンリング 212 のノッチを形成する。

【0034】

中間面 242 は、上面 243 と上面 241 との間の鉛直方向の差を示す高さ 228 を有する。高さ 228 は、約 0 mm ~ 約 5 mm (例えば、約 1 mm ~ 約 1.5 mm) とすることができる。一実施形態では、調整可能なリングアセンブリ 130 の中間面 242 は、約 1.1 mm の高さ 228 を有する。

【0035】

内側部分 230 の上面 241 は、内面 239 から中間面 242 まで調整可能なリングアセンブリ 130 の半径に沿って測定された寸法 223 を有する。上面 241 の寸法 223 は、プロセス要件に応じて、約 2 mm ~ 約 15 mm (例えば、約 4 mm ~ 約 10 mm) の範囲とすることができる。一実施形態では、調整可能なリングアセンブリ 130 の上面 241 は、約 6 mm の寸法 223 を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

内側シリコンリング 2 1 2 の中間部分 2 3 1 は、内側部分 2 3 0 に直接隣接して、内側部分 2 3 0 の半径方向外側に配置される。中間部分 2 3 1 は、内側部分 2 3 0 の上面 2 4 1 の上方に延びる中間面 2 4 2、上面 2 4 3、及び傾斜面 2 4 4 を含む。傾斜面 2 4 4 は、上面 2 4 3 と外側部分 2 3 2 とを接続する。傾斜面 2 4 4 は、スパッタリングによるリングアセンブリ 1 3 0 の浸食を最小限にするために約 4 5 度の角度で配向させることができる。

【 0 0 3 7 】

中間部分 2 3 1 の上面 2 4 3 は、実質的に水平であり、中間面 2 4 2 と傾斜面 2 4 4 との間に位置している。上面 2 4 3 は、上面 2 4 1 に平行とすることができる。上面 2 4 3 は、基板 1 2 0 の縁部のすぐ外側となるような寸法とされており、これによって基板 1 2 0 の表面の延長として機能するシリコン表面を提供し、これによって処理中に基板 1 2 0 の縁部と中心の間のより均一なプラズマ条件を促進する。

【 0 0 3 8 】

中間部分 2 3 1 は、上面 2 4 3 を越えて延びる水平方向の長さを有し、傾斜面 2 4 4 の投影を含む。中間部分 2 3 1 に対する水平投影は、約 3 0 mm 未満（例えば、約 1 0 mm ~ 約 2 0 mm の間）とすることができる寸法 2 2 6 を有する。一実施形態では、中間部分 2 3 1 の水平方向の寸法 2 2 6 は、約 2 0 mm である。

【 0 0 3 9 】

内側シリコンリング 2 1 2 の外側部分 2 3 2 は、内側シリコンリング 2 1 2 の中間部分 2 3 1 に直接隣接して半径方向外側にあり、内側部分 2 3 0 の反対側にある。外側部分 2 3 2 は、上面 2 4 5 及び遠い面 2 4 6 を含む。上面 2 4 5 は、上面 2 4 3 と平行とすることができる、一実施形態では、上面 2 4 1 と同一平面上にある。遠い面 2 4 6 は、円筒状の配向を有することができ、内側シリコンリング 2 1 2 の外径を画定する。

【 0 0 4 0 】

内側シリコンリング 2 1 2 の中間部分 2 3 1 及び外側部分 2 3 2 は、処理中に基板 1 2 0 によって覆われていない内側シリコンリング 2 1 2 の領域を形成するために結合している。この覆われていない領域は、エッチング速度に影響するシリコンの量を決定する。大き過ぎるシリコンの量は、エッチャントを捕捉し、基板の縁部でのエッチング速度は、落ち、中心から縁部までのエッチング速度の悪い均一性につながる可能性がある。逆に、シリコンの量を低減することは、エッチング速度を増加させることができる。覆われていないシリコン領域は、寸法 2 2 4 を有する。覆われていない領域の寸法 2 2 4 は、約 2 0 mm ~ 約 4 0 mm（例えば、約 2 5 mm ~ 約 3 5 mm の間）の範囲とすることができる。一実施形態では、寸法 2 2 4 は、約 3 3 mm である。

【 0 0 4 1 】

外側石英リング 2 1 0 は、部分的に外側部分 2 3 2 の上に延びる。外側石英リング 2 1 0 が外側部分 2 3 2 上に延びる量は、寸法 2 2 4 で画定される、覆われていない領域内で露出されるシリコンの量を制御するように選択することができる。こうして、外側石英リング 2 1 0 の内径は、内側シリコンリング 2 1 2 の構成を変更する必要なしに、中心から縁部までのエッチング速度の均一性を制御するように選択することができる。例えば、必要に応じて、1 つの外側石英リング 2 1 0 は、異なる内径を有する別の外側石英リング 2 1 0 と交換し、これによって内側シリコンリング 2 3 2 の露出されるシリコンの量を変え、中心から縁部までのエッチング速度の均一性を制御することができる。

【 0 0 4 2 】

また、外側石英リング 2 1 0 を含む石英材料は、処理中に基板の縁部で酸素源を提供する。外側石英リング 2 1 0 によって提供される酸素は、エッチングパラメータ（例えば、エッチング中のポリマー堆積、及びエッチングマスク（例えば、フォトレジスト又は炭素系ハードマスク）を貫通して形成される開口部の大きさ）を制御するために使用することができる。例えば、基板の縁部付近で利用可能なより多くの酸素を有することは、基板の中央部近傍に対して優先的にエッチングマスクを貫通して形成される開口部の大きさを増

10

20

30

40

50

加させる（又は閉鎖速度を低減する）。このように、外側石英リング 210 の内径は、エッチングプロセスの縁部から中心までのエッチング結果を調整するために利用することができる。

【0043】

図 2 を参照し続けると、外側石英リング 210 は、オーバーラップ部分 233 及び外側部分 234 を有する。外側石英リング 210 の上面 252 は、上面と、オーバーラップ部分及び外側部分 233、234 を画定する。外側石英リング 210 の上面 252 は、約 30 mm ~ 約 50 mm の間の範囲（例えば、約 40 mm）とすることができる寸法 227 を有する。

【0044】

オーバーラップ部分 233 は、外側部分 234 の半径方向内側にある外側石英リング 210 の内側部分を画定する。オーバーラップ部分 233 は、底面 256 と内面 251 を有する。外側石英リング 210 のオーバーラップ部分 233 の底面 256 は、内側シリコンリング 212 の上面 245 と係合し接触するように構成され、これによって外側石英リング 210 は、内側シリコンリング 212 の上面 245 の一部にオーバーラップして覆う。内側シリコンリング 212 と外側石英リング 210 との間のオーバーラップの寸法 225 は、調整可能なリングアセンブリ 130 の半径に沿って測定され、外側石英リング 210 の内面 251 から内側シリコンリング 212 の遠い面 246 まで延びる。オーバーラップ寸法 225 は、約 30 mm 未満（例えば、約 10 mm ~ 約 20 mm）とすることができる。一実施形態では、オーバーラップ寸法 225 は、約 20 mm である。一実施形態では、オーバーラップ領域の寸法 225 は、内側シリコンリングに沿って中間面 242 のノッチから約 30 mm まで延びる。

【0045】

オーバーラップの寸法 225 の選択は、外側石英リング 210 の上面 252 に対する寸法 227 を変えることができる。内側シリコンリング 212 に対する中央部 231 の寸法 226 が最小化され、0 mm に近づくにつれて、寸法 227 によって主に画定される、プラズマに曝露される調整可能なリングアセンブリ 130 の部分は、石英によって本質的にオーバーラップされる。このように、外側石英リング 210 の近傍は、基板の位置に対して調整可能であり、こうして内側シリコンリング 212 によって露出されたシリコン材料の量を最小化することによって、基板 120 の縁部でエッチング速度の増加を促進しながら、基板 120 の縁部のより近くに、より多くの酸素生成材料をもたらす。全体の長さ寸法 222 は、基板の外側に露出した調整可能なリングアセンブリ 130 の部分を反映し、換言すると、（アセンブリ 130 の全体の断面幅） - （上面 241 の幅）となる。全体の長さ寸法 222 は、約 40 mm ~ 約 60 mm の範囲とすることができるが、長さ寸法は、この範囲に限定されない。一実施形態では、全体の長さ寸法 222 は、約 60 mm である。

【0046】

オーバーラップ部分 233 は、中間面 242 の長さよりも一般的に大きい内面 251 の長さに相当する高さを有する。オーバーラップ部分 233 の高さは、一般的に、処理中に消費される外側石英リング 210 の十分な寿命を可能にするように選択される。

【0047】

外側石英リング 210 のオーバーラップ部分 233 上に画定された上面 252 の一部は、内側シリコンリング 212 の上面 245 の鉛直方向上方にある。上面 252 のオーバーラップ部分は、内面 251 の長さ寸法 253 によって画定される。内面 251 の長さ寸法 253 は、約 1 mm ~ 約 5 mm の間（例えば、約 2 mm ~ 約 3.5 mm の間）の範囲とすることができる。一実施形態では、内面 251 は、約 2.5 mm の長さ寸法 253 を有する。

【0048】

外側石英リング 210 の外側部分 234 は、遠い側 253、底部 254、及び近い側 255 を有する。遠い側 253 は、調整可能なリングアセンブリ 130 の最外径を画定す

10

20

30

40

50

る。近い側 2 5 5 は、中間石英リング 2 1 1 に当接する。底部 2 5 4 は、オーバーラップ部分 2 3 3 の底面 2 5 6 に平行であり、下方を延び、これによって外側石英リング 2 1 0 が基板支持台座 1 3 5 上に位置的に配置されることを可能にする。外側石英リング 2 1 0 と内側シリコンリング 2 1 2 の間の関係、並びにこの関係に起因するエッチングへの影響が、図 3 に対して議論される。

【 0 0 4 9 】

図 3 は、カソード電極 1 3 8 の上方で調整可能なリングアセンブリ 1 3 0 の外側石英リング 2 1 0 と内側シリコンリング 2 1 2 との間のオーバーラップを示す。調整可能なリングアセンブリ 1 3 0 の外側石英リング 2 1 0 と内側シリコンリング 2 1 2 の相対位置は、
10
処理チャンバ 1 0 0 内でプラズマに曝露される外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 3 3 0 及び非オーバーラップ部分 3 2 0、及びこれもまた処理チャンバ 1 0 0 内でプラズマに曝露される内側シリコンリング 2 1 2 の露出部分 3 8 0 を画定する。内側シリコンリング 2 1 2 の他の部分は、外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 3 3 0 又は基板 1 2 0 のいずれかによって覆われている（すなわち、プラズマから遮蔽されている）。外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 2 3 3 は、調整可能なリングアセンブリ 1 3 0 の半径に沿って測定される長さ 3 4 0 を有する。ギャップ 3 5 0 が、外側石英リング 2 1 0 と内側シリコンリング 2 1 2 との間に示されている。ギャップ 3 5 0 は、図 2 に示されるように、中間石英リング 2 1 1 がリング 2 1 0、2 1 2 と相互係合するのを可能にする。

【 0 0 5 0 】

図 3 に示されるように、カソード電極 1 3 8 は、内側シリコンリング 2 1 2 の下を、仮想線 3 0 0 によって図示されるように、内側シリコンリング 2 1 2 の遠い面 2 4 6 及び外側石英リング 2 1 0 の内面 2 1 5 の半径方向外側にある外径縁部 3 0 2 まで延びる。内側シリコンリング 2 1 2 のカソード電極 1 3 8 の延長部は、基板 1 2 0 の縁部でのプラズマの均一性を向上させる。内側シリコンリング 2 1 2 は、基板の縁部をその実際の位置の外側に（プラズマに）見せるシリコン表面を提供することができる。

【 0 0 5 1 】

外側石英リング 2 1 0 の下のカソード電極 1 3 8 の延長部は、外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 3 3 0 を非オーバーラップ部分 3 2 0 に対して優先的にエッチングし、これによって基板 1 2 0 の縁部に近接して外側石英リング 2 1 0 を含む石英材料から酸素を放出させる。放出された酸素は、ポリマーパッシベーションの量と、マスクの開口部を通して基板上に配置された下にある層をエッチングするマスクの開口部の開口の大きさを制御可能にする。例えば、より大きなオーバーラップ部分 3 3 0 を有することは、放出される酸素量を増加させ、従って、マスクの開口部を通して基板上に配置された下にある層をエッチングするマスクの開口部の開口を拡大する又はきれいに維持する。逆に、より小さなオーバーラップ部分 3 3 0 を有することは、放出される酸素量を減少させ、従って、エッチングしながら、マスクの開口部の開口を狭くすることを可能にする。こうして、オーバーラップ部 3 3 0 のサイズ（すなわち、図 2 に示される長さ寸法 2 2 5）を制御することによって、エッチングプロセスを調整することができる。

【 0 0 5 2 】

内側シリコンリング 2 1 2 の上のプラズマイオン 3 6 0、外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 3 3 0 の近くのプラズマイオン 3 6 1、及び外側石英リング 2 1 0 の非オーバーラップ部分 3 2 0 近くのプラズマイオン 3 6 2 が図 3 に図示される。プラズマイオン 3 6 0 に対する反応速度は、外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 3 3 0 の大きさを変えることによって調整することができる。プラズマイオンの数が増加するにつれて、反応速度は増加する。図示のように、基板に最も近い反応速度は、プラズマイオン 3 6 0 を示す矢印の数によって示されるが、基板からより遠くの反応速度よりも高い。プラズマイオン 3 6 0 の増加は、基板の縁部付近の反応速度の増加に対応する。図示の例では、プラズマイオン 3 6 0 は、内側シリコンリング 2 1 2 の露出部分 3 8 0 に衝突し、プラズマイオン 3 6 1 は、オーバーラップ部分 3 3 0 に衝突し、一方、プラズマイオン 3 6 2 は
50

、非オーバーラップ部分 3 2 0 に衝突する。従って、プラズマイオン 3 6 0、3 6 1、3 6 2 の量は、調節可能なリングアセンブリ 1 3 0 全域に亘って不均一であり、リングアセンブリの中心からの距離が増加するにつれてイオンの濃度は減少する。

【 0 0 5 3 】

一実施形態では、基板縁部でのプラズマ反応速度は、内側シリコンリング 2 1 2 上の外側石英リング 2 1 0 に対するオーバーラップ部分 3 3 0 の大きさを減少させることによって調整することができる。これは、プラズマイオン 3 6 0 の数を減少させる効果を有する。

【 0 0 5 4 】

別の一実施形態では、基板上のプラズマ反応速度は、不均一である。基板縁部で反応するプラズマイオンの数は、基板の中央と同じ速度で基板をエッチングするには十分ではない。外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 3 3 0 は、内側シリコンリング 2 1 2 をより多く覆うように増加させることができる。長さ 3 4 0 は、それに応じてオーバーラップ寸法 2 2 5 を増加させるために増加され、プラズマイオン 3 6 0 の数は、こうして同様に増加する。あるいはまた、エッチング速度は、特定の 방법으로不均一に調整することができ、これによって 1 つの領域内で高アスペクト比の構造を有する基板は、より迅速にエッチングすることができる。その一例は、3 D パッケージングで見つけることができる工程である。

【 0 0 5 5 】

以上のように、基板縁部での反応速度は、外側石英リング 2 1 0 のオーバーラップ部分 3 3 0 の寸法 2 2 5 を調整することによって調整することができる。基板縁部に沿った反応速度が低すぎる一実施形態では、オーバーラップ部分 3 3 0 は、リング 2 1 0、2 1 2 のいずれかを変えることによって増加させることができる。

【 0 0 5 6 】

チャンバコンポーネントのプラズマイオンへの曝露は、大幅に寿命やメンテナンスのインタビューに影響するため、リングアセンブリ 1 3 0 に衝突するイオンの量を制御する能力は、寿命を有利に延ばす。リングアセンブリ 1 3 0 は、E S C を保護するだけでなく、基板の表面全域に亘るプラズマイオンの均一性を制御することを支援することによってプラズマプロセスを強化する。

【 0 0 5 7 】

様々な実施形態間での相違点をより良く図示するために、図 4 は、様々なアセンブリリング構成に対するエッチング速度を示すグラフ 4 0 0 を提供する。グラフ 4 0 0 は、3 つの実施形態を示す。第 1 実施形態では、オーバーラップ部分を有さない（すなわち、長さ 2 5 5 が、ほぼゼロである）リングアセンブリ 1 3 0 が、トレース 4 6 0 によって示されている。第 2 実施形態では、外側部分 2 3 2 の約 5 0 パーセントが外側石英リング 2 1 0 とオーバーラップされたリングアセンブリ 1 3 0 が、トレース 4 5 0 によって示されている。第 3 実施形態では、外側部分 2 3 2 の約 1 0 0 パーセントが外側石英リング 2 1 0 とオーバーラップされたリングアセンブリ 1 3 0 が、トレース 4 4 0 によって示されている。トレース 4 4 0、4 5 0、4 6 0 は、基板 1 2 0 の中央部を示す参照番号 4 0 5 と縁部を示す参照番号 4 0 6 と共に、オンGSTROOM / 分でエッチング速度を示す軸 4 1 5 と、基板 1 2 0 上の半径方向位置を示す軸 4 1 0 によって、グラフ化されている。

【 0 0 5 8 】

トレース 4 6 0 によって示される第 1 実施形態では、リングアセンブリの露出部分は、基板縁部近くにおいて主にシリコンで構成され、基板縁部でのエッチング速度は、シリコンによって最も影響を受ける。外側半径 4 1 0 のトレース 4 6 0 に見られるように、エッチング速度は、縁部 4 0 6 の近くで下落する。

【 0 0 5 9 】

トレース 4 5 0 によって示される第 2 実施形態では、リングアセンブリは、基板の縁部に最も近いシリコン部分を有して、石英及びシリコンで構成される。エッチング速度は、ここで基板の縁部に近接したプラズマに曝露される石英の量によって部分的に影響される

10

20

30

40

50

。トレース 4 5 0 に対して外側半径 4 1 0 で見られるように、縁部 4 0 6 でのエッチング速度は、基板 1 2 0 の中央部 4 0 5 のエッチング速度とほぼ同じである。

【 0 0 6 0 】

トレース 4 5 0 によって示される第 3 実施形態では、リングアセンブリは、基板縁部に望ましい石英で構成される。エッチング速度は、基板の縁部に近接するプラズマに曝露される石英の量によって著しく影響される。トレース 4 4 0 に対して外側半径 4 1 0 で見られるように、縁部 4 0 6 でのエッチング速度は、基板 1 2 0 の中央部 4 0 5 のエッチング速度に実質的に相対して増加する。

【 0 0 6 1 】

上記は本発明の実施形態を対象としているが、本発明の他の及び更なる実施形態は本発明の基本的範囲を逸脱することなく創作することができ、その範囲は以下の特許請求の範囲に基づいて定められる。

10

【 図 1 】

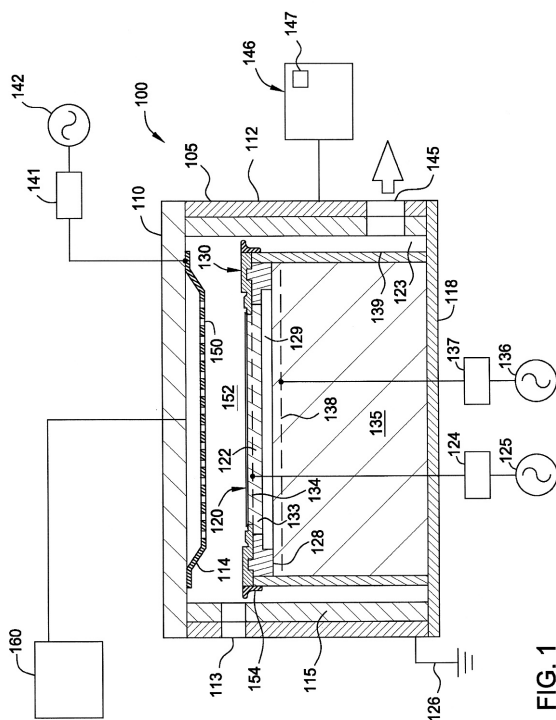


FIG. 1

【 図 2 】

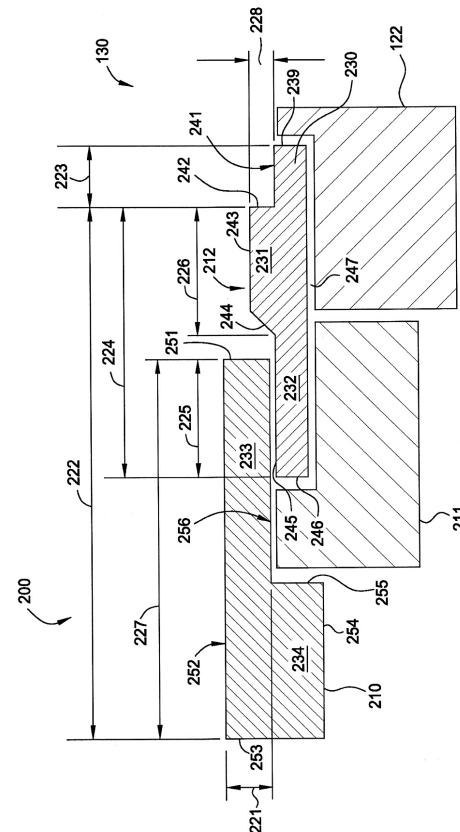


FIG. 2

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 14/020,774

(32)優先日 平成25年9月6日(2013.9.6)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(72)発明者 ローサ ジェイソン デラ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 0 8 キャンベル アプリコット アベニュー 9 5
6

(72)発明者 ノールバクシュ ハミド

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 4 3 9 フレモント キャニオン ハイツ ドライブ
4 0 3 2 7

(72)発明者 キム ジョン ムン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 5 サン ノゼ ジャスミン サークル 3 7 4 2

合議体

審判長 辻本 泰隆

審判官 小田 浩

審判官 井上 和俊

(56)参考文献 特開2003-257935(JP,A)

登録実用新案第3130205(JP,U)

特開2006-86230(JP,A)

特開2004-266127(JP,A)

特開平8-335568(JP,A)

特開2011-35026(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205、21/302、21/3065、21/31、21/365、21/
461、21/469、21/86、

H05H 1/00 - 1/54

C23C 14/00 - 16/56