

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-522539  
(P2016-522539A)

(43) 公表日 平成28年7月28日(2016.7.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO5H 1/46 (2006.01)</b>	HO5H 1/46 M	2G084
<b>HO1L 21/3065 (2006.01)</b>	HO1L 21/302 1O1B	5F004
<b>HO1L 21/31 (2006.01)</b>	HO1L 21/31 C	5F045
	HO1L 21/302 1O1L	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2016-508956 (P2016-508956)  
 (86) (22) 出願日 平成26年4月3日(2014.4.3)  
 (85) 翻訳文提出日 平成27年12月10日(2015.12.10)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/032812  
 (87) 国際公開番号 W02014/172112  
 (87) 国際公開日 平成26年10月23日(2014.10.23)  
 (31) 優先権主張番号 13/865,178  
 (32) 優先日 平成25年4月17日(2013.4.17)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

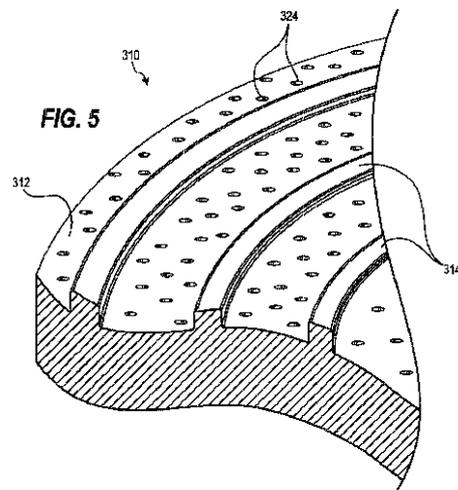
(71) 出願人 000219967  
 東京エレクトロン株式会社  
 東京都港区赤坂五丁目3番1号  
 (74) 代理人 100107766  
 弁理士 伊東 忠重  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦  
 (74) 代理人 100091214  
 弁理士 大貫 進介  
 (72) 発明者 沢田 郁夫  
 アメリカ合衆国 78703 テキサス州  
 , オースティン, ウェスト・5ス・ストリ  
 ート 801, #1105

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 均一なプラズマ密度を有する容量結合プラズマ装置

(57) 【要約】

本明細書で開示される技術は、プラズマの生成に使用される電極にわたって、均一な電子密度を有するプラズマを生成するための装置および工程を含む。容量結合プラズマシステムの上部電極は、均一なプラズマの生成を補助するように構成された構造的特徴を有することができる。このような構造的特徴は、プラズマに面する表面に、ある表面形状を画定する。このような構造的特徴は、ほぼ長方形の断面を有し、上部電極の表面から突出する同心リングの組を含むことができる。このような構造的特徴は、また、断面サイズおよび断面形状を有する、入れ子になった細長い突出部も含むことができ、突出部の間隔は、システムが結果として均一な密度のプラズマを生成するように選択される。誘電体部材またはシートは、プラズマの均一性を維持しながら、プラズマからのエロージョンを防止または抑制するために、この構造的特徴に配置することができる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

プラズマ処理装置で使用するための電極組立体であって、

平行平板型容量結合プラズマ処理装置で使用するために構成された電極板を含み、前記プラズマ処理装置が、ターゲット基板を受けるのに十分な処理空間を形成する処理室と、前記処理室に処理ガスを供給するように構成された処理ガス供給ユニットと、前記処理室の内部から排気ガスを吸引するために、前記処理室の排気口に接続された排気ユニットと、前記処理室内に互いに対向して配置された第 1 の電極および第 2 の電極であって、前記第 1 の電極が上部電極になり、前記第 2 の電極が下部電極になり、前記第 2 の電極が、前記ターゲット基板を支持するように構成される、第 1 の電極および第 2 の電極と、第 1 の R F 電力を前記第 2 の電極に印加するように構成された第 1 の高周波 ( R F ) 通電ユニットであって、前記電極板が、前記第 1 の電極に取り付け可能であり、前記電極板が、前記第 1 の電極に取り付けられたときに、前記第 2 の電極に面する表面領域を有し、前記表面領域が、ほぼ平らであり、かつ同心リングの組を有し、前記各同心リングが、所定の断面形状を有し、かつ前記同心リングが、隣接する同心リングから所定のギャップ距離で離間されている、第 1 の高周波 ( R F ) 通電ユニットとを備える、電極組立体。

10

## 【請求項 2】

前記電極板の前記同心リングの組に配置された誘電体部材であって、前記誘電体部材が、前記同心リングの組を覆うのに十分な大きさにされ、前記誘電体部材が、前記第 2 の電極に面するほぼ平らな表面を有する、誘電体部材をさらに備える、

20

請求項 1 に記載の電極組立体。

## 【請求項 3】

前記誘電体部材が、前記同心リングの組に面するほぼ平らな表面を有する、請求項 2 に記載の電極組立体。

## 【請求項 4】

前記電極板の前記同心リングの組に配置された誘電体部材であって、前記誘電体部材が、前記同心リングの組とプラズマ生成空間との間にバリアを設けるような大きさ及び位置にされて配置される、誘電体部材をさらに備える、

請求項 1 に記載の電極組立体。

30

## 【請求項 5】

前記誘電体部材が、前記同心リング同士の間ギャップの中に等角に延び、前記同心リング同士の間ギャップを埋める、請求項 4 に記載の電極組立体。

## 【請求項 6】

前記プラズマ処理装置が、前記第 2 の電極に第 2 の R F 電力を印加するように構成された第 2 の R F 通電ユニットを備える、請求項 4 に記載の電極組立体。

## 【請求項 7】

前記同心リングの組が、前記表面領域から突出しているか、または前記表面領域より下方で画定されている、請求項 4 に記載の電極組立体。

## 【請求項 8】

前記同心リングの組が、前記電極板に接触するプラズマからの損傷を抑制する絶縁保護被膜を含む、請求項 4 に記載の電極組立体。

40

## 【請求項 9】

前記各同心リングの断面高さが、約 0 . 5 ミリメートルより大きく、かつ約 1 0 . 0 ミリメートルよりも小さく、前記各同心リングの断面幅が、約 1 . 0 ミリメートルより大きく、かつ約 2 0 . 0 ミリメートルよりも小さく、前記所定のギャップ距離が、約 1 . 0 ミリメートルより大きく、かつ約 5 0 . 0 ミリメートルよりも小さい、請求項 4 に記載の電極組立体。

## 【請求項 10】

前記第 1 の R F 電力が、約 3 M H z ~ 3 0 0 M H z であり、前記第 2 の R F 電力が、約

50

0.5 MHz ~ 13 MHz である、請求項 4 に記載の電極組立体。

【請求項 11】

ターゲット基板を受けるのに十分な処理空間を形成する処理室と、  
処理室に処理ガスを供給するように構成された処理ガス供給ユニットと、  
前記処理室の内部から排気ガスを吸引するために、前記処理室の排気口に接続された排気ユニットと、

前記処理室内に互いに対向して配置された第 1 の電極および第 2 の電極であって、前記第 1 の電極が上部電極になり、前記第 2 の電極が下部電極になり、前記第 2 の電極が、前記ターゲット基板を支持するように構成され、前記第 1 の電極が、前記第 2 の電極に面する表面を有する電極板を含み、前記表面が、ほぼ平らであり、かつ所定の形状の外部境界を有し、前記表面が、細長い突出部の組を有し、前記細長い各突出部が、前記表面から所定の高さに延び、前記細長い各突出部が、前記平らな表面に沿って、かつ前記第 1 の電極の中心点の周囲に延び、前記細長い突出部の少なくとも一部が、前記表面の前記外部境界とほぼ同様の細長い形状を有し、前記突出部の組が、前記突出部の一部が少なくとも 1 つの他の突出部に囲まれるように前記表面に配置され、所与の前記細長い各突出部が、隣接する細長い突出部から所定の距離で配置される、第 1 の電極および第 2 の電極と、

第 1 の高周波 (RF) 通電ユニットであって、前記第 2 の電極に第 1 の RF 電力を印加するように構成された第 1 の高周波 (RF) 通電ユニットと  
を備える、プラズマ処理装置。

【請求項 12】

前記電極板の前記細長い突出部の組に配置された誘電体部材であって、前記誘電体部材が、前記細長い突出部の組を覆うのに十分な大きさにされ、前記誘電体部材が、前記第 2 の電極に面するほぼ平らな表面を有し、前記誘電体部材が、前記細長い突出部の組とプラズマ生成空間との間にバリアを設ける、誘電体部材をさらに備える、

請求項 11 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記誘電体部材が、前記細長い突出部の組に面するほぼ平らな表面を有する、請求項 12 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】

前記誘電体部材が、前記細長い突出部同士の間ギャップの中に等角に延び、前記細長い突出部同士の間ギャップを埋める、請求項 12 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 15】

前記プラズマ処理装置が、

前記第 2 の電極に第 2 の RF 電力を印加するように構成された第 2 の高周波 (RF) 通電ユニットをさらに備える、請求項 12 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 16】

前記細長い突出部の組が、前記電極板に接触するプラズマからの損傷を抑制する絶縁保護被膜を含む、請求項 12 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 17】

前記各突出部の所定の高さ、および前記各突出部の断面幅が、前記プラズマ処理装置を介して生成されたプラズマが、前記第 1 の電極にわたってほぼ均一の電子密度を有するように、前記第 1 の RF 電力の周波数範囲に基づいて選択される、請求項 12 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 18】

プラズマ処理装置で使用するための電極組立体であって、

平行平板型容量結合プラズマ処理装置で使用するための電極板を含み、前記プラズマ処理装置が、ターゲット基板を受けるのに十分な処理空間を形成する処理室と、前記処理室に処理ガスを供給するように構成された処理ガス供給ユニットと、前記処理室の内部から排気ガスを吸引するために、前記処理室の排気口に接続された排気ユニットと、前記処理室内に互いに対向して配置された第 1 の電極および第 2 の電極であって、前記第 1 の電極

10

20

30

40

50

が上部電極になり、前記第2の電極が下部電極になり、前記第2の電極が、載置台を介して前記ターゲット基板を支持するように構成される、第1の電極および第2の電極と、第1のRF電力を前記第1の電極に印加するように構成された第1の高周波(RF)通電ユニット、および第2のRF電力を前記第2の電極に印加するように構成された第2のRF通電ユニットであって、前記電極板が、前記第1の電極に取り付け可能であり、前記電極板が、前記第1の電極に取り付けられたときに前記第2の電極に面する表面領域を有し、前記表面領域が、ほぼ平らであり、かつ同心リングの組を有し、前記各同心リングが、所定の断面形状を有し、かつ前記各同心リングが、隣接する同心リングから所定のギャップ距離で離間されている、第1の電極および第2の電極と、

前記電極板の前記同心リングの組に配置された誘電体部材であって、前記誘電体部材が、前記同心リングの組を覆うのに十分な大きさにされる、誘電体部材とを備える、電極組立体。

【請求項19】

前記誘電体部材が、前記同心リングの組に面するほぼ平らな表面と、前記第2の電極に面するほぼ平らな表面とを有する、請求項17に記載の電極組立体。

【請求項20】

前記誘電体部材が、前記同心リング同士の間ギャップの中に等角に延び、前記同心リング同士の間ギャップを埋める、請求項17に記載の電極組立体。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、「Capacitively Coupled Plasma Equipment with Uniform Plasma Density」という名称の、2013年4月17日に出願された出願番号が13/865,178の米国非仮出願の利点を主張し、その特許の全体は、参照することによって本願に組み込まれる。

【0002】

本開示は、加工物のプラズマ処理に関し、容量結合プラズマシステムを用いるプラズマ処理を含む。

【0003】

半導体デバイスの製造工程において、エッチング、スパッタリング、CVD(化学気相成長)等のプラズマ処理が、処理される基板、例えば半導体ウェハで日常的に行われている。このようなプラズマ処理を実行するプラズマ処理装置の中で、容量結合平行平板プラズマ処理装置が、広く使用されている。

【0004】

容量結合平行平板プラズマ処理装置は、室に1対の平行平板電極(上部電極および下部電極)が配置されており、室に処理ガスが導入される。少なくとも1つの電極に、高周波(RF)電力を印加することによって、電極間に高周波電界が形成され、その結果、高周波電界によって、処理ガスのプラズマが生成される。

その後、プラズマを使用または操作することによって、ウェハ上でプラズマ処理が行われる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半導体ウェハのプラズマエッチング、ならびにプラズマ化学気相成長(PECVD)は、平行平板容量結合プラズマツールを用いて、一般に行われている。半導体業界では、より大型のウェハサイズを用いることだけでなく、より狭いかまたはより小さいノード(臨界フィーチャ(critical features))をウェハ上に作成することを推進している。例えば、業界では、直径300ミリメートルのウェハから、直径450ミリメートルのウェハを取り扱うように移行しつつある。小さいノードサイズおよび大きいウェハによって、マ

10

20

30

40

50

ク口のおよびマイクロ的な、プラズマおよびラジカルの均一性は、処理されるウェハの欠陥を回避するために、ますます重要になっている。

【0006】

容量結合プラズマ(CCP)システムにおける重要な課題は、プラズマの不均一性である。ウェハ処理における超高周波プラズマ(30MHz~300MHz)の使用、およびフラットパネルディスプレイの処理における高周波(RF)プラズマ(3MHz~30MHz)の使用が、より望ましくなりつつある。しかしながら、このような高周波プラズマは、プラズマ内で生成される定在波のために、少なくとも部分的に不均一になる傾向がある。

【0007】

CCPの不均一性に対処する従来を試みには、ガウスレンズ構造を有する温極の使用、および位相制御技術の使用が含まれる。しかしながら、このような試みは、複雑かつ高価である。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本明細書で開示される技術は、均一なプラズマの生成を補助するように構成された構造的特徴を有する、容量結合プラズマシステムの上部電極(温極)を含む。このような構造的特徴によって、プラズマに面する表面の表面形状を画定し、これによって定在波の崩壊を補助し、かつ/またはプラズマ空間で定在波が形成されるのを防止する。例えば、このような構造的特徴は、ほぼ長方形の断面を有し、上部電極の表面から突出するか、または電極の表面内で画定される、同心リングの組を含むことができる。断面のサイズ、形状、寸法、ならびにリングの間隔は全て、システムが結果として均一な密度のプラズマを生成するように選択される。上部電極は、同様にプラズマの均一性を維持しながら、この構造的特徴のエロージョン(浸食)を防止または抑制する、構造的特徴および/または上部電極を覆う誘電体部材またはシートを含むことができる。プラズマ生成の主電源は、上部電極または下部電極のいずれかに供給することができ、バイアス電源は、必要に応じて下部電極に供給することができる。このような技術により、VHF電源の使用時、および/または比較的広い表面領域を有する電極の使用時にも、均一なプラズマを提供することができる。

【0009】

一実施形態は、平行平板容量結合プラズマ処理装置で使用するために構成された電極板を含む。プラズマ処理装置は、ターゲット基板を受けるのに十分な処理空間を形成する処理室(チャンバー)を備える。処理ガス供給ユニットも含まれ、処理室に処理ガスを供給するように構成される。排気ユニットは、処理室の排気口に接続され、処理室の内部から排気ガスを吸引する。第1の電極および第2の電極は、処理室内で互いに対向して配置される。第1の電極は上部電極であり、第2の電極は下部電極である。第2の電極は、載置台を介して、ターゲット基板を支持するように構成される。第1の高周波(RF)通電ユニットは、第1の電極に第1のRF電力を印加するように構成され、第2のRF通電ユニットは、第2の電極に第2のRF電力を印加するように構成される。あるいは、第1のRF通電ユニットは、第2の電極に第1のRF電力を印加するように構成される。電極板は、第1の電極に取り付け可能である。電極板は、第1の電極に取り付けられたときに、第2の電極に面する表面領域を有する。表面領域はほぼ平らで、表面領域から突出している同心リングの組を含む。各同心リングは、所定の断面形状を有し、各同心リングは、隣接する同心リングから所定のギャップ距離で離間される。誘電体部材またはシートも含むことができる。この誘電体部材は、電極板の同心リングの組に配置される。誘電体部材は、同心リングの組および/または電極板を覆うのに十分な大きさにされる。誘電体部材は、第2の電極に面するほぼ平らな表面を有することができる。第1の電極に面して、誘電体部材もまた、ほぼ平らな表面を有することができ、あるいは、誘電体部材は、電極板の同心リング同士の間ギャップまたは空間を埋めることができる。

【0010】

別の実施形態は、プラズマ処理装置を含む。これは、いくつかの構成部品を含むことができる。処理室は、ターゲット基板を収容するのに十分な処理空間を形成する。処理ガス供給ユニットは、処理室に処理ガスを供給するように構成される。排気ユニットは、処理室の内部から排気ガスを吸引するために、処理室の排気口に接続される。第1の電極および第2の電極は、処理室内で互いに対向して配置される。第1の電極は上部電極であり、第2の電極は下部電極である。第2の電極は、載置台を介して、ターゲット基板を支持するように構成される。第1の電極は、第2の電極に面する表面を有する電極板を含む。この表面は、ほぼ平らで、所定の形状の外部境界を有する。この表面は、細長い突出部の組を有する。細長い各突出部は、表面から所定の高さで延びている。細長い各突出部は、平らな表面に沿って、かつ第1の電極の中心点の周囲に延びている。細長い突出部の少なくとも一部は、表面の外部境界とほぼ同様の細長い形状を有する。突出部の組は、突出部の一部が少なくとも1つの他の突出部に囲まれるように、表面に配置される。所与の細長い各突出部は、隣接する細長い突出部から、所定の距離で配置することができる。第1の高周波(RF)通電ユニットは、特定のプラズマ処理装置の構成に応じて、第1のRF電力を、第1の電極または第2の電極に印加するように構成することができる。プラズマ処理装置は、電極板の細長い突出部の組に配置された誘電体部材を含むことができ、誘電体部材は、細長い突出部の組を覆うのに十分な大きさにされ、誘電体部材は、第2の電極に面するほぼ平らな面を有し、誘電体部材は、細長い突出部の組とプラズマ生成空間との間にバリアを設ける。

10

20

#### 【0011】

別の実施形態は、プラズマ処理装置を用いて基板を処理するための、均一なプラズマを生成する方法を含む。プラズマ処理装置は、真空排気可能な処理室と、処理室に配置され、ターゲット基板用の載置台として機能する下部電極組立体と、処理室の下部電極に面するように配置された上部電極と、上部電極に接続された第1の高周波(RF)電源とを備えている。この装置および電極は、特定用途用に十分な大きさにすることができる。例えば、ウェハのエッチングまたはCVDでは、電極は、直径300ミリメートルまたは450ミリメートルのウェハを収容する大きさにすることができる。太陽電池のCVDでは、電極は、ほぼ約1メートル~2メートル以上の辺寸法を有するような大きさにすることができる。かつ電極群に分割することを必要とせず、単一の電極として具現化することができる。第1のRF電源は、第1のRF電力を上部電極に、または下部電極に供給する。ターゲット基板は、処理室に装填され、下部電極組立体に取り付けられる。初期ガスは、処理室から排気される。処理ガスは、処理室に供給される。プラズマは、第1のRF電力を上部電極に(または個々のプラズマシステムに応じて下部電極に)印加することによって、処理ガスから生成される。上部電極は、第2の電極に面する表面領域を有する。表面領域は、ほぼ平らで、同心リングの組を含み、入れ子になったリングまたはフィンが表面領域から突出し、同心リングの組は、所定の離間距離で配置され、各同心リングは、所定の断面形状を有する。誘電体部材またはシートは、同心リングの上方に配置することができる。プラズマが同心リングを侵食するのを防止または抑制することができる。

30

40

#### 【0012】

本明細書で説明された、異なる手順の考察の順序は、明瞭にするために提示されていることは言うまでもない。一般に、これらの手順は、任意適当な順序で実行することができる。また、本明細書の異なる特徴、技術、構成等は、それぞれ、本開示の異なる部分で説明される場合があり、各概念は、互いに独立して、あるいは互いに組み合わせて実行することができる。したがって、本発明は、多くの異なる方法で具現化および表示することができる。

#### 【0013】

本概要部分は、本開示または特許請求される発明の、あらゆる実施形態、および/または増加する新規な態様を指定するものではないことに注意されたい。その代わりに、本概要は、異なる実施形態の予備的な説明、および従来技術に対する、対応する新規な点のみを提供する。本発明および実施形態のさらなる詳細および/または可能な視点については

50

、以下でさらに説明される、発明を実施する形態の部分、ならびに本開示の対応する図面を参照されたい。

【0014】

本発明の様々な実施形態、およびこれに付随する多くの利点についてのより完全な認識は、以下の詳細な説明を添付の図面と併せて考慮することによって容易に明確になるであろう。図面は、必ずしも一定の縮尺ではなく、むしろ特徴、原理および概念を示すことに重点を置いている。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本明細書に開示される実施形態による、プラズマ処理装置の概略的な構成を示す断面図である。 10

【図2】本明細書に開示される実施形態による、上部電極の側面断面図である。

【図3】本明細書に開示される実施形態による、上部電極の底面図である。

【図4】本明細書に開示される実施形態による、上部電極の拡大側面断面図である。

【図5】本明細書に開示される実施形態による、上部電極の斜視断面図である。

【図6A】本明細書に開示される実施形態による、例示的な上部電極の突出部の側面断面図である。

【図6B】本明細書に開示される実施形態による、例示的な上部電極の突出部の側面断面図である。

【図6C】本明細書に開示される実施形態による、例示的な上部電極の突出部の側面断面図である。 20

【図6D】本明細書に開示される実施形態による、例示的な上部電極の突出部の側面断面図である。

【図7A】本明細書に開示される実施形態による、例示的な上部電極の形状の側面断面図である。

【図7B】本明細書に開示される実施形態による、例示的な上部電極の形状の側面断面図である。

【図8A】様々な突出部のパターンを示す上部電極の底面図である。

【図8B】様々な突出部のパターンを示す上部電極の底面図である。

【図9A】本明細書の実施形態を用いていない、電子密度の折れ線グラフである。 30

【図9B】本明細書の実施形態を用いていない、電子密度の折れ線グラフである。

【図10A】本明細書の実施形態を用いていない、電子密度の等高線図である。

【図10C】本明細書の実施形態を用いていない、電子密度の等高線図である。

【図10B】本明細書の実施形態による、電子密度の結果の等高線図である。

【図10D】本明細書の実施形態による、電子密度の結果の等高線図である。

【図11】本明細書に開示される実施形態による、上部電極の側面断面図である。

【図12】本明細書に開示される実施形態による、上部電極の底面図である。

【図13】本明細書の実施形態による、上部電極板および誘電体部材の側面断面図である。

【図14】本明細書に開示される実施形態による、上部電極板および誘電体部材の拡大側面断面図である。 40

【図15】本明細書の実施形態による、上部電極板および誘電体部材の側面断面図である。

【図16】本明細書に開示される実施形態による、上部電極板および誘電体部材の拡大側面断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下の説明において、本明細書で使用される処理システムの特定の形状、ならびに様々な構成部品および工程等の具体的な詳細を記述する。しかしながら、本発明は、このような具体的な詳細から離れた他の実施形態で実施できること、ならびにこれらの詳細は説明 50

のためのものであって、限定のためではないことが理解されるべきである。本明細書で開示される実施形態は、添付の図面を参照して説明される。同様に、説明のために、特定の数字、材料、および構成が、完全な理解をもたらすために記述される。それでもなお、実施形態は、このような具体的な詳細がなくとも実施することができる。ほぼ同一の機能構成を有する構成部品は、同じ参照符号で示されるため、重複する記述は省略することができる。

#### 【0017】

様々な技術が、様々な実施形態の理解を助けるための複数の個別の動作として説明される。説明の順序は、これらの動作が、必ず順序に依存することを示していると解釈されるべきではない。実際に、これらの動作は、提示されている順序で実行される必要はない。説明される動作は、説明される実施形態とは異なる順序で実行することができる。様々な別の動作を実行することができ、かつ/あるいは説明された動作は、別の実施形態では省略することができる。

10

#### 【0018】

本明細書で使用される場合、「基板 (substrate)」または「ターゲット基板 (target substrate)」は、一般的に、本発明によって処理される対象物に関連する。基板は、任意の材料部分または装置の構造、特に半導体その他の電子デバイスを含むことができ、かつ例えば、半導体ウェハ等のベース基板構造であるか、あるいは薄膜等の、ベース基板構造の上に置かれるかまたは覆っている層であってもよい。したがって、基板は、下層または上層、パターン化されているかまたはパターン化されていないか、いずれの特定のベース構造にも限定されないが、むしろ、このような任意の層またはベース構造、ならびに層および/またはベース構造の任意の組み合わせを含むと考えられる。以下の説明では、特定の種類の基板を参照する場合があるが、これは、単に例示の目的のためである。

20

#### 【0019】

本明細書で開示される技術は、均一なプラズマ生成を可能にするように構築された、プラズマ処理システムおよび付随する電極板を含む。電極板は、プラズマ生成空間に面する表面を有し、このプラズマに面する表面は、プラズマの生成に超高周波 (VHF) RF (高周波) 電力を使用しているときでも、プラズマの均一性を増進する構造を含む。このような表面構造は、半径方向のバリアをもたらす、隆起した同心リング/フィン、入れ子になったループその他の突出部を含むことができる。同心リングの組の各リングは、断面高さ、断面幅、および断面形状、ならびに隣接するリングとの間隔を有することができ、マクロ的およびミクロ的の両方において、プラズマの均一性を増進するように設計される。誘電体部材またはシートが、電極板に付随してもよく、プラズマに面する表面の構造を保護するような大きさにして配置することができる。例えば、このような誘電体部材は、電極板に取り付けることができる。

30

#### 【0020】

プラズマの生成に異なる手法を用いる、複数の異なるプラズマ処理装置が存在する。例えば、様々な手法は、特に、誘導結合プラズマ (ICP)、スロットアンテナマイクロ波プラズマ、表面波プラズマ、および容量結合プラズマ (CCP) を含むことができる。便宜上、本明細書で提示される実施形態は、平行平板容量結合プラズマ (CCP) システムとの関連で説明されるが、電極を用いる他の手法もまた、様々な実施形態で用いることができる。

40

#### 【0021】

図1は、本明細書の実施形態による、プラズマ処理装置の概略的な構成を示す断面図である。図1のプラズマ処理装置100は、突出部のパターン、または上部電極からプラズマ空間の中に突出する構造を有する上部電極を含む、容量結合平行平板プラズマエッチング装置である。本明細書の技術は、プラズマ洗浄、プラズマ重合、プラズマ化学気相成長 (PECVD) 等のために、他のプラズマ処理装置で用いられてもよいことに注意されたい。

#### 【0022】

50

さらに詳細には、プラズマ処理装置 100 は、処理容器を画定する処理室 110 を有し、例えばほぼ円筒の形状を有する、処理空間を設ける。処理容器は、例えばアルミニウム合金で形成でき、電氣的に接地することができる。処理容器の内壁は、アルミナ ( $Al_2O_3$ )、イットリア ( $Y_2O_3$ ) その他の保護剤で被覆することができる。サセプタ 416 は、基板としてウェハ W をその上に取り付けるための載置台として作用する、第 2 の電極の一例として、下部電極 400 (下部電極組立体) の一部を形成する。具体的には、サセプタ 416 は、絶縁板 112 を介して、処理室 110 の底部のほぼ中央に設けられたサセプタ支持部 114 で支持される。サセプタ支持部 114 は、円筒形であってもよい。サセプタ 416 は、例えばアルミニウム合金で形成されてもよい。

#### 【0023】

サセプタ 416 は、ウェハ W を保持するために、その上に静電チャック 418 が (下部電極組立体の一部として) 設けられる。静電チャック 418 には、電極 410 が設けられる。電極 410 は、DC (直流) 電源 122 に電氣的に接続される。静電チャック 418 は、DC 電源 122 からの DC 電圧が、電極 410 に印加されたときに発生したクーロン力を介してウェハ W を引き付ける。

#### 【0024】

フォーカスリング 424 は、静電チャック 418 を囲むように、サセプタ 416 の上面に設けられる。石英等で形成される円筒形の内壁部材 126 は、静電チャック 418 およびサセプタ支持部 114 の外周側に取り付けられる。サセプタ支持部 114 は、環状冷媒通路 128 を含む。環状冷媒通路 128 は、処理室 110 の外側に取り付けられた冷却装置 (図示せず) と、例えば、ライン 130 a および 130 b を介して連通している。環状冷媒通路 128 には、冷媒 (冷却液または冷却水) が供給され、ライン 130 a および 130 b を通って循環している。したがって、サセプタ 416 の上 / 上方に取り付けられたウェハ W の温度を制御することができる。

#### 【0025】

サセプタ 416 およびサセプタ支持部 114 を通過するガス供給ライン 132 は、伝熱ガスを静電チャック 418 の上面に供給するように構成される。He (ヘリウム) 等の伝熱ガス (裏面ガス) は、ウェハ W への加熱を補助するために、ガス供給ライン 132 を介して、ウェハ W と静電チャック 418 との間に供給することができる。

#### 【0026】

上部電極 300 (すなわち、上部電極組立体) は、第 1 の電極の一例であり、下部電極 400 に平行に面するように、下部電極 400 の垂直上方に設けられる。プラズマ生成空間またはプラズマ空間 (PS) は、下部電極 400 と上部電極 300 との間に画定される。ディスクの形状を有する内側上部電極 302 と、外側上部電極 304 とを含む上部電極 300 は、内側上部電極 302 の外側を環状に囲むことができる。内側上部電極 302 もまた、一定量の処理ガスを、下部電極 400 に取り付けられたウェハ W の上方の、プラズマ生成空間 PS に向かって注入する処理ガス入口として機能する。上部電極 300 は、これによって、シャワーヘッドを形成する。

#### 【0027】

さらに詳細には、内側上部電極 302 は、複数のガス注入開口部 324 および突出部 314 を有する電極板 310 (通常は円形) を含む。突出部 314 およびその構成は、後でさらに詳しく説明される。内側上部電極 302 は、また、電極板 310 の上側を着脱自在に支持する電極支持部 320 を含む。電極支持部 320 は、電極板 310 が円形の形状の場合は、電極板 310 とほぼ同一の直径を有するディスクの形状に形成することができる。代替的な実施形態では、電極板 310 は正方形、長方形、多角形等であってもよい。電極支持部 320 は、アルミニウム等で形成でき、緩衝室 (バッファチャンバー) 322 を含むことができる。緩衝室 322 は、ガスを拡散するために使用され、ディスク状の空間を有する。ガス供給システム 200 からの処理ガスが、緩衝室 322 に導入される。処理ガスは、次に、緩衝室 322 から、その下面にあるガス注入開口部 324 へと移動することができる。内側上部電極は、その後、本質的に、シャワーヘッド電極を設ける。

10

20

30

40

50

## 【0028】

リングの形状を有する誘電体306は、内側上部電極302と外側上部電極304との間に挿入される。リングの形状を有し、アルミナ等で形成される絶縁シールド部材308は、外側上部電極304と、処理室110の内周壁との間に密閉式で挿入される。

## 【0029】

外側上部電極304は、給電部152、コネクタ150、上部給電ロッド148、および整合ユニット146を介して、第1の高周波電源154に電氣的に接続される。第1の高周波電源154は、40MHz（メガヘルツ）以上（例えば60MHz）の周波数を有する高周波電圧を出力できるか、または30～300MHzの周波数を有する超高周波（VHF）電圧を出力することができる。この電源は、バイアス電源と比較して、主電源と呼ぶことができる。給電部152は、例えば、開放された下面を有するほぼ円筒形の形状に形成することができる。給電部は、その下端部で、外側上部電極304に結合することができる。給電部152は、その上面の中央部で、コネクタ150によって、上部給電ロッド148の下端部に電氣的に接続される。上部給電ロッド148は、その上端部で、整合ユニット146の出力側に結合される。整合ユニット146は、第1の高周波電源154に結合され、負荷インピーダンスを第1の高周波電源154の内部インピーダンスと整合することができる。しかしながら、外側上部電極304は任意選択であり、実施形態は、単一の上部電極で機能できることに注意されたい。

10

## 【0030】

給電部152は、接地導体111によってその外側を覆われる。接地導体111は、直径が処理室110の直径とほぼ同一の側壁を有する、円筒形であってもよい。接地導体111は、その下端部で、処理室110の側壁の上部に結合する。上部給電ロッド148は、接地導体111の上面の中央部分を通過している。絶縁部材156は、接地導体111と上部給電ロッド148との接触部分に挿入される。

20

## 【0031】

電極支持部320は、その上面にある下部給電ロッド170に電氣的に接続される。下部給電ロッド170は、コネクタ150を介して、上部給電ロッド148に接続される。上部給電ロッド148および下部給電ロッド170は、第1の高周波電源154から上部電極300へ高周波電力を供給するための、給電ロッドを形成する（全体として「給電ロッド」と呼ばれる）。可変コンデンサ172は、下部給電ロッド170に設けられる。可変コンデンサ172の容量を調節することによって、高周波電力が第1の高周波電源154から印加されるときに、外側上部電極304で直接形成された電界強度と、内側上部電極302で直接形成された電界強度との相対的な比率を調節することができる。

30

## 【0032】

ガス排気口174は、処理室110の底部に形成される。ガス排気口174は、ガス排気ユニット178に結合され、ガス排気ユニット178は、ガス排気ライン176を介して、真空ポンプ等を含むことができる。ガス排気ユニット178は、処理室110内を排気することによって、その内圧を所望の真空度まで減圧する。サセプタ416は、整合ユニット180を介して、第2の高周波電源182に電氣的に接続することができる。第2の高周波電源182は、高周波電圧を、2MHz等、2MHz～20MHzの範囲で出力することができる。

40

## 【0033】

上部電極300の内側上部電極302は、LPF（ローパスフィルタ）184に電氣的に接続される。LPF184は、第1の高周波電源154からの高周波を遮断する一方で、第2の高周波電源182からの低周波を接地へと通す。その一方で、下部電極の一部を形成しているサセプタ416は、HPF（ハイパスフィルタ）186に接続される。HPF186は、第1の高周波電源154からの高周波を接地へと通す。ガス供給システム200は、上部電極300にガスを供給する。ガス供給システム200は、図1に示すように、ウェハで、成膜、エッチング等の特定の処理を実行するための処理ガスを供給する、処理ガス供給ユニット210等を含む。処理ガス供給ユニット210は、処理ガス供給通

50

路を形成する処理ガス供給ライン202に接続される。処理ガス供給ライン202は、内側上部電極302の緩衝室322に接続される。

【0034】

プラズマ処理装置100は、プラズマ処理装置100の各構成部品を制御する制御ユニット500に接続される。例えば、制御ユニット500は、ガス供給システム200の処理ガス供給ユニット210等に加えて、DC電源122、第1の高周波(すなわちVHF)電源154、第2の高周波(すなわちVHF)電源182等を制御する。

【0035】

内側上部電極302が、下部電極400に面する電極板310を含むことによって、容量結合プラズマツールのための平行平板を形成していることに注意されたい。電極支持部320は、下部電極400(ここでは電極板の裏面)に対向する電極板310の背面に接しており、電極板310を着脱可能に支持する。代替的な実施形態で、電極板310は、上部電極300と一体化することができる。しかしながら、プラズマは化学反応性であり、下部電極に面する表面領域を侵食する可能性があるため、電極板310を着脱可能にしておくことが有益である。したがって、電極板は、交換のため、または、特定の種類のプラズマ処理に適した、様々な異なる種類の材料の電極板を選択するために取り外すことができる。

10

【0036】

上部電極300は、また、電極板310の温度を制御するための冷却板または冷却機構(図示せず)も含むことができる。電極板310は、Si、SiC、ドーパされたSi、アルミニウム等の、導体または半導体材料で形成することができる。

20

【0037】

動作時に、プラズマ処理装置100は、PSでプラズマを生成するために、上部および下部の電極を使用する。この生成されたプラズマは、その後、プラズマエッチング、化学気相成長、ガラス材料の処理、ならびに薄膜太陽電池、他の光電池、およびフラットパネルディスプレイ用の有機/無機質板等の大型パネルの処理等の様々な種類の処理で、ウェハWまたは処理される任意の材料等の、ターゲット基板の処理に使用することができる。便宜上、このプラズマ生成は、ウェハW上に形成される酸化膜のエッチングとの関連で説明される。まず、ウェハWは、仕切弁(図示せず)が開いてから、ロードロック室(チャンバー)(図示せず)から処理室110に装填され、静電チャック418に取り付けられる。次に、DC電圧がDC電源122から印加されて、ウェハWは、静電チャック418に静電的に付着する。その後、仕切弁が閉じて、処理室110は、ガス排気ユニット178によって特定の真空度まで排気される。

30

【0038】

その後、処理ガスは、処理ガス供給ユニット210から、処理ガス供給ライン202を介して上部電極300内の緩衝室322に導入され、その流量は、質量流量コントローラ等によって調節される。さらに、緩衝室322に導入された処理ガスは、電極板310(シャワーヘッド電極)のガス注入開口部324からウェハWへと均一に吐出され、その後、処理室110の内圧は、特定のレベルに維持される。

【0039】

60MHz等の、3MHz~150MHzの範囲の高周波電力が、第1の高周波電源154から上部電極300に印加される。これによって、高周波電界が、上部電極300と、下部電極を形成するサセプタ116との間で生成され、処理ガスは分離されてプラズマに変換される。2MHz等の、0.2MHz~20MHzの範囲の低周波電力が、第2の高周波電源182から、下部電極を形成するサセプタ116に印加される。言い換えれば、2周波システムを使用することができる。その結果、プラズマ内のイオンが、サセプタ116に向かって引き付けられ、イオンの補助によって、エッチングの異方性が増加する。便宜上、図1は、上部電極に電力を供給する第1の高周波電源154を示していることに注意されたい。代替的な実施形態では、第1の電源154は、下部電極400に供給されてもよい。したがって、主電源(通電電力)およびバイアス電源(イオン加速電圧)の

40

50

両方を、下部電極に供給することができる。

【0040】

容量結合プラズマツールの大きな課題は、プラズマの不均一性である。いくつかのプラズマ処理は、30MHz～300MHzの範囲の超高周波（VHF）電力の使用によって、利益を得ることができる。しかしながら、このようなVHF電力は、不均一な電界を作成する傾向がある。周波数が高いほど、波長が短縮される一方で、特に波長が電極の直径に比べて比較的小さくなるにつれて、不均一性が増加する。このような不均一性は、ウェハWの露光にムラができる結果となり、これは後にウェハWの欠陥につながるため、問題となっている。

【0041】

均一なプラズマの生成は、複雑である。理想的なプラズマには、プラズマの中で動くイオンおよび電子の均等な分布が存在する。プラズマの均一性に影響し得る異なる変数が存在する。これらの変数は、電力、周波数、圧力、材料等を含む。不均一性の1つの尺度は、様々な位置でのプラズマ内の電子密度である。図9Aに、電極板上の位置に関連する電子密度（プラズマ強度）の折れ線グラフを示す。この折れ線グラフで、X軸は、0をウェハの中心として、（電極板と位置合わせされた）ウェハの中心点からの距離を示す。Y軸は、関連する電子密度を示す。ウェハの中心と端部との間に、著しい電子密度の差602があることに注意されたい。ウェハの中心の電子密度が、端部の電子密度よりも3倍から4倍大きいために、急激な中心ピークがある。

【0042】

同様に、図9Bに、類似の電子の中心ピークまたは中心高分布がある。図9Bは、図9Aと異なり、より高い圧力が用いられている。高圧を用いて、同様に、端部の約3倍から4倍の電子密度を有する中心ピークがある（電子密度の差604）が、この高圧においては、ウェハまたは電極の端部近くに第2のピークもあることに注意されたい。

【0043】

図10Aは、上部電極309、および下部電極400に関する、プラズマ空間における電子密度を示す等高線図である。上部電極309（または電極板）は、従来の電極板のように、ほぼ平らな表面を有することに注意されたい。図10Aは、図9Aに相関する。等高線図中の色の濃い部分は、電子密度が高いことを表している。したがって、図10Aは、プラズマ空間の中心の電子密度が高いことを示すと共に、電極の端部に向かって、電子密度が比較的低くなることを示している。図10Cは、図10Cが図9Bに相関することを除いて、図10Aと同様である。このように、高い中心電子密度、ならびにプラズマ空間の端部に、（より小さいが）第2のピークが存在することに注意されたい。

【0044】

本明細書の技術は、したがって、この波を排除および/または制御することによって、プラズマ内の均一な電子密度を増進することを考案している。技術は、電極板310に1つ以上の構造を用いることを含む。このような構造は、電極板310のプラズマに面する表面に配置される。このような構造は、半径方向、厳密に言えば電極板310の中心点から外向きに、1つ以上のバリアを設けるように構成することができる。

【0045】

ここで図2を参照すると、例示的な電極板310の側面断面図が示されている。表面領域312には、複数の突出部314がある。このような構造（突出部）は、中心点318から外部境界316に向かって、表面領域312に沿って移動するときに、一種のバリアを形成することに注意されたい。

【0046】

図3は、電極板310の底面図を示す。この図において、突出部314は、中心点318を中心とした同心リングの組として示されている。いくつかの実施形態で、同心リングの組は、同一すなわち等距離の間隔を有することができる。他の実施形態で、この間隔は可変であってもよい。断面のサイズおよび形状は、同心リング同士の間ギャップ距離と同様に、プラズマの波長、または予想されるプラズマの波長に基づいていてもよい。同心

10

20

30

40

50

リングの数もまた、表面領域 3 1 2 の直径に基づいて変化してもよい。リングまたは突出部 3 1 4 は、表面領域 3 1 2 の上に取り付けるかまたは固定（溶接、融着、固着）することができ、あるいは突出部を機械加工することによって、または電極板を鋳造すること等によって、電極板 3 1 0 と一体化することができる。

#### 【 0 0 4 7 】

図 4 は、電極板 3 1 0 の拡大断面図である。この図で、突出部 3 1 4 は、丸み 3 3 2 およびフィレット 3 3 4 を有する、ほぼ長方形の断面形状を有するように示されている。このような丸みは必要ではないが、波の伝播を制御する上で、有益な効果を及ぼすことができる。各突出部は、断面幅 3 3 6 および断面高さ 3 3 8 を有することができる。隣接する突出部は、ギャップ距離 3 4 0 で互いに離間される。このようなギャップ距離 3 4 0 は、端部から端部まで、中心から中心まで、あるいは別の方法で計測することができる。これらの寸法の値は、絶対でも相対でもよい。例えば、電極板の直径に基づいて、特定のエッチング/成長工程に基づいて、あるいは生成されたプラズマのプラズマ波長に基づいて、特定の範囲の寸法から値を選択することができる。1 ~ 10 センチメートルの波長を有する V H F プラズマの場合、突出部の寸法およびギャップ距離は、最適なプラズマの均一性を得るための波長に基づいて決定することができる。

10

#### 【 0 0 4 8 】

図 5 は、プラズマ空間に面する表面領域 3 1 2 を示す、電極板 3 1 0 の拡大断面斜視図である。便宜上、電極板 3 1 0 の開口 3 2 4（または穴）が、突出部 3 1 4 を通過しているところは示されていないことに注意されたい。他の実施形態で、開口 3 2 4 は、特定のフィンの幅に基づいて、突出部 3 1 4 または同心リングを通過することができる。

20

#### 【 0 0 4 9 】

本明細書の実施形態で使用するために選択できる、様々な断面形状がある。例えば、図 6 A は比較的薄い断面形状を示し、その結果、突出部 3 1 4 は本質的に、表面領域 3 1 2 から突出するフィンである。図 6 B は、台形の形状の突出部 3 1 4 を示す。図 6 C では、突出部 3 1 4 は、丸いかまたは半円形の形状である。図 6 D では、突出部 3 1 4 は、三角形の形状である。

#### 【 0 0 5 0 】

突出部 3 1 4 の様々な断面形状に加えて、電極板 3 1 0 は、代替的な断面形状を有することができる。例えば、図 7 A は、ガウスレンズの形状を有する電極板 3 1 0 を示し、その表面領域 3 1 2 は、（プラズマ空間 P S に関連する）湾曲を有している。図 7 B で、電極板は、段差のある表面領域 3 1 2 を有し、表面領域 3 1 2 のこの異なる部分は、下部電極 4 0 0 から、異なる垂直距離を有する。

30

#### 【 0 0 5 1 】

図 8 A は、電極板 3 1 0 の代替的な実施形態の底面図である。同心リングの組の代わりに、図 8 A は、長方形および楕円形の細長い突出部が電極板の中心を囲んでいる、長方形の表面領域 3 1 2 を有する電極板 3 1 0 を示す。図 8 B では、突出部 3 1 4 は、連続的ではなく開口または切断部を有する同心リングであるが、それでもなお突出部 3 1 4 は、表面領域 3 1 2 で所与の半径方向にほぼ垂直なバリアを設ける。他の実施形態では、このリングまたは突出部は連続的である。

40

#### 【 0 0 5 2 】

対応するプラズマ処理装置の電極板にこのような突出部があることで、プラズマ処理装置は、V H F 電源であっても均一な電子密度をもたらすことができる。図 1 0 B および図 1 0 D は、同心リングその他の細長い突出部を有する電極板 3 1 0 を用いるプラズマ処理装置における、電子密度の例示的な等高線図を示す。このような電極板の突出部が、結果として、プラズマ空間にわたってほぼ均一な電子密度をもたらすことに注意されたい。本明細書の技術を用いない場合は、プラズマの不均一性が 2 0 0 % 以上に達する場合がある一方で、本明細書の技術は、不均一性が 1 0 % 未満のプラズマをもたらすことができる。

#### 【 0 0 5 3 】

図 1 1 および図 1 2 は、電極板 3 1 0 の代替的な例示的配列を示す。図 1 1 は、例示的

50

な電極板 310 の側面断面図である。図 12 は、電極板 310 の底面図である。表面 312 では、(フィン等の) 複数の突出部 314 が、表面から突出しているか、あるいは表面に取り付けられている。突出部 314 は、表面 312 の外側部分に配置されていることに注意されたい。したがって、表面 312 の内側円形部分には突出部はなく、表面 312 の外側のリング状の部分(端部領域)は、突出部 314 の複数の同心リングを含む。突出部 314 は、ほぼ三角形または円錐の断面形状を有することにも注意されたい。突出部 314 の側壁は、表面 312 に垂直である代わりに、側壁は、表面 312 に対して鈍角を有する。例えば、このような鈍角は、隣接する側壁に対して、表面 312 から約 100 度~160 度にすることができる。角度をつけた側壁を有することで、プラズマの均一性をさらに増進することができる。例えば、表面領域 312 の近辺に、または表面領域 312 を横切

10

20

30

40

50

#### 【0054】

ここで図 13 を参照すると、図 2 に示すものと同様の、例示的な電極板 310 の側面断面図が示されている。誘電体部材 370 は、電極板 310 に隣接するか、または覆っていることが示されている。誘電体部材 370 は、ガス注入開口部 326 を有するほぼ平らなシートとして示され、ガス注入開口部 326 は、電極板 310 からのガス注入開口部 324 と位置合わせされている。誘電体部材は、様々な誘電体材料で作ることができる。例えば、ポリシリコンエッチングの用途では、誘電体部材には、石英を選択することができる。誘電体エッチング処理では、誘電体部材は、低導電のシリコン単結晶、アルミニウム上のセラミック薄膜等であってもよい。誘電体部材は、また、物理気相成長(PVD)処理で窒化モリブデンを含む誘電体部材を使用する等、プラズマ処理で消耗するように選択することもできる。

#### 【0055】

図 14 は、電極板 310 および誘電体部材 370 の拡大断面図である。この実施形態で、誘電体部材 370 は、突出部 314 の上に載って(または接触して)いる。ガス注入開口部 326 がガス注入開口部 324 に位置合わせされていることに加えて、ガス注入開口部は、電極板に面するより広い開口を有することができ、これは、電極板上の誘電体部材のずれを補うのに有利な場合があることに注意されたい。誘電体部材 370 を電極板 310 に結合すると、誘電体部材は、電極板の突出部またはフィンを、生成されたプラズマによるエロージョン損傷から保護する。したがって、生成されたプラズマは、下部電極の基板に直接接触することができ、上部電極の誘電体部材は、これによって、両方の電極を保護する。

#### 【0056】

ここで図 15 を参照すると、図 2 に示すものと同様の、例示的な電極板 310 の側面断面図が示されている。図 15 で、誘電体部材 370 は、電極板 310 に隣接するかまたは覆っており、同時に、突出部 314 同士の間ギャップを埋めていることが示されている。

#### 【0057】

図 16 は、図 15 に示すような電極板 310 および誘電体部材 370 の拡大断面図である。この実施形態で、誘電体部材 370 は、突出部 314 の上に載って(または接触して)おり、同時に突出部(またはリング)同士の間ギャップを埋めている。ガス注入開口部は、任意で、電極板に面するより広い開口を有することができ、特に、ガス注入開口部の直径が比較的小さいときに、電極板上の誘電体部材のずれを補うのに有益となる場合がある。

#### 【0058】

明らかであるように、本明細書の技術によって提供される、様々な代替実施形態がある

。

## 【0059】

1つの実施形態は、プラズマ処理装置で使用するための電極組立体を含む。この電極組立体は、取り外し可能な電極か、またはより永久的な電極とすることができる。この電極組立体は、平行平板容量結合プラズマ処理装置で使用するために構成された電極板を含む。プラズマ処理装置は、処理空間を形成する処理室を含む。処理室は、半導体ウェハまたはフラットパネル等の、ターゲット基板を受けるのに十分な大きさである。処理ガス供給ユニットは、処理室に処理ガスを供給するように構成される。排気ユニットは、処理室の内部から排気ガスを吸引するために、処理室の排気口に接続される。第1の電極および第2の電極は、処理室内で互いに対向して配置される。第1の電極は、上部電極(300)とすることができ、第2の電極は、下部電極(400)とすることができ、第2の電極は、載置台を介して、ターゲット基板を支持するように構成される。第1の高周波(RF)通電ユニットは、第1の電極に第1のRF電力を印加するように構成される。あるいは、第1のRF通電ユニットは、第2の電極に第1のRF電力を印加するように構成される。第1のRF通電ユニットは、電源、または外部電源を受けて印加するための回路を含むことができる。第2のRF通電ユニットは、第2の電極に第2のRF電力を印加するように構成される。電極板は、第1の電極に取り付け可能である。電極板は、第1の電極に取り付けられたときに、第2の電極に面する表面領域を有する。電極板の表面領域は、ほぼ平らであり、同心リングの組を有する。同心リングは、表面領域から突出するか、または電極板内に画定されてもよい。各同心リングは、所定の断面形状を有し、同心リングは、隣接する同心リングから、特定の半径距離等の所定のギャップ距離で離間される。

10

20

## 【0060】

電力構成は、プラズマ処理の種類に応じて変化する場合がある。例えば、エッチング用途では、主電源(第1のRF電力)は、上部電極または下部電極のいずれかに給電することができる。特定のエッチング処理のパラメータ(ウェハ、処理ガスの種類等)では、上部電極に給電する主電源を有することが効果的であるが、主電源で下部電極に給電することが、より有益となる場合がある。しかしながら、PECVDでは、通常は、主電源で上部電極に給電することが、より有益である。

## 【0061】

電極組立体は、電極板の同心リングの組に、または同心リングの組の上に(接触して)配置された誘電体部材を含むことができる。誘電体部材は、同心リングの組を十分に覆う大きさにすることができ、すなわち、同心リングの組または電極板の外部境界まで(または越えて)延びている。誘電体部材は、第2の電極に面するほぼ平らな表面を有することができる。誘電体部材は、電極板において、ガス注入開口部を延ばすかまたは継続させることができる。

30

## 【0062】

いくつかの実施形態で、誘電体部材は、同心リングの組に面するほぼ平らな表面を有することができる。他の実施形態で、誘電体部材は、電極板の同心リングの組に配置される。誘電体部材は、誘電体部材が同心リングの組とプラズマ生成空間との間にバリアを設けるような大きさにして、配置することができる。このバリアは、その後、プラズマ生成空間内で生成されたプラズマによって引き起こされる損傷から、同心リングの組を保護することができる。代替実施形態で、同心リングの電極組立体は、電極板に接触するプラズマからの損傷を抑制する、絶縁保護被膜を含む。このような保護被膜は、例えば、イットリアまたはアルミナとすることができる。

40

## 【0063】

各同心リングの断面高さは、約0.5ミリメートルより大きく、かつ約10.0ミリメートルよりも小さく、各同心リングの断面幅は、約1.0ミリメートルより大きく、かつ約20.0ミリメートルよりも小さく、所定のギャップ距離は、約1.0ミリメートルより大きく、かつ約50.0ミリメートルよりも小さい。

## 【0064】

50

各同心リングの断面高さは、約0.5ミリメートルよりも大きく、かつ約10.0ミリメートルよりも小さくすることができる。また、各同心リングの断面幅は、約1.0ミリメートルよりも大きく、かつ約20.0ミリメートルよりも小さくすることができる。所定のギャップ距離は、約1.0ミリメートルよりも大きく、かつ約50.0ミリメートルよりも小さくすることができる。他の実施形態では、より狭い範囲を有する。例えば、各同心リングの断面高さは、約1.0ミリメートルより大きく、かつ約3.0ミリメートルよりも小さく、各同心リングの断面幅は、約2.0ミリメートルより大きく、かつ約5.0ミリメートルよりも小さく、所定のギャップ距離は、約6.0ミリメートルより大きく、かつ約20.0ミリメートルよりも小さい。

#### 【0065】

印加される第1のRF電力は、3MHz~300MHz、またはVHF印加の場合は、30MHz~300MHzであってもよい。例えば、RF電力は、40~100MHzであってもよい。印加される第2のRF電力は、0.5~13MHzであってもよい。本明細書の技術は、RF周波数、およびそれより低い周波数に効果的となり得る。各同心リングの断面高さ、各同心リングの断面幅、および所定のギャップ距離は全て、電極板の表面領域の直径に基づいて選択することができる。例えば、直径450ミリメートルのウェハと比較して、直径300ミリメートルのウェハ用の異なる構成が使用される場合がある。各同心リングの断面形状は、ほぼ長方形であってもよい。このほぼ長方形の断面形状は、半径0.2ミリメートル~1.0ミリメートルの丸めを有することができ、かつ半径約0.2ミリメートル~1.0ミリメートルのフィレットを有することができる。

#### 【0066】

別の実施形態で、プラズマ処理装置は、ターゲット基板を受けるのに十分な大きさの処理空間を形成する処理室と、処理室に処理ガスを供給するように構成された処理ガス供給ユニットと、処理室の内部から排気ガスを吸引するために、処理室の排気口に接続された排気ユニットと、第1の電極および第1のRF通電ユニットとを備える。第1の電極および第2の電極は、処理室内で互いに対向して配置される。第1の電極は上部電極(温極)であり、第2の電極は下部電極である。あるいは、上部電極は温極ではなく、代わりに、主電源およびバイアス電源の両方が、下部電極に供給される。第2の電極は、ターゲット基板を支持するように構成される。この支持は、例えば載置台を介した、直接的または間接的な支持であり、載置台は静電チャックであってもよい。言い換えれば、第2の電極(下部電極組立体)は、載置台、表面その他の支持する支持具を備えることができ、その下に第2の電極が配置される。第1の電極は、第2の電極に面する表面を有する電極板を含み、この表面は、ほぼ平らであり、所定の形状の外部境界を有する。この表面は、細長い突出部の組を有する。細長い各突出部は、表面から所定の高さで延びるかまたは突出し、細長い各突出部は、平らな表面に沿って、かつ第1の電極の中心部の周囲に延びる。細長い突出部の少なくとも一部は、表面の外部境界とほぼ同様の細長い形状を有する。したがって、円形電極の場合は、細長い突出部はほぼ円形であり、楕円形電極の場合は、少なくともいくつかの突出部は楕円形であり、角型電極の場合は、細長い突出部の少なくとも一部が長方形である。この部分は、細長い突出部の組の全て、または全てよりも小さくすることができる。細長い突出部の組は、突出部の一部が少なくとも1つの他の突出部に囲まれるように、表面に配置される。言い換えれば、全てまたは一部の細長い突出部は、入れ子(長方形の場合)または同心円(円形の場合)である。所与の細長い各突出部は、隣接する細長い突出部から、所定の距離で配置することができる。したがって、細長い各突出部同士の間は、等しいかまたは可変の間隔があってもよい。第1の高周波(RF)通電ユニットは、第2の電極に第1のRF電力を印加するように構成される。第2のRF通電ユニットもまた、第2の電極に第2のRF電力を印加するように構成することができる。代替的な実施形態で、第1のRF電力は、第1の電極に印加することができる。

#### 【0067】

プラズマ処理装置は、電極板の細長い突出部の組に配置された誘電体部材を含むことができる。誘電体部材は、細長い突出部の組を覆うのに十分な大きさにすることができる。

10

20

30

40

50

誘電体部材は、第2の電極に面するほぼ平らな表面を有することができる。したがって、誘電体部材は、細長い突出部の組と、プラズマ生成空間との間にバリアを設ける。誘電体部材は、細長い突出部の組に面するほぼ平らな表面を有することができる。必要に応じて、誘電体部材は、細長い突出部同士の間ギャップの中に等角に延び、細長い突出部同士の間ギャップを埋める。別の実施形態で、細長い突出部の組は、電極板に接触するプラズマからの損傷を抑制する絶縁保護被膜を有する。この保護被膜は、エロージョンから電極板を保護する手段として、誘電体部材の代わりに使用することができる。

【0068】

各突出部の所定の高さは、約0.5ミリメートルより大きく、かつ約10.0ミリメートルよりも小さくてもよく、各突出部の断面幅は、約1.0ミリメートルより大きく、かつ約20.0ミリメートルよりも小さく、隣接する突出部同士の間ギャップ距離は、約1.0ミリメートルより大きく、かつ約50.0ミリメートルよりも小さい。あるいは、各突出部の所定の高さは、約1.0ミリメートルより大きく、かつ約3.0ミリメートルよりも小さく、断面幅は、約2.0ミリメートルより大きく、かつ約5.0ミリメートルよりも小さく、隣接する突出部同士の間ギャップ距離は、約6.0ミリメートルより大きく、かつ約20.0ミリメートルよりも小さい。

【0069】

プラズマ処理は、3MHz~300MHzの第1のRF電源で、または30MHz~300MHzの第1のRF電源で実行することができる。各突出部の所定の高さ、および各突出部の断面幅は、プラズマ処理装置を介して生成されたプラズマが、第1の電極にわたってほぼ均一の電子密度を有するように、第1のRF電源の周波数範囲に基づいて選択することができる。この高さは、また、処理空間で生成されたプラズマからのプラズマの波長に基づいて決定することもできる。細長い突出部の組の少なくとも一部は、ほぼ長方形の細長い形状を有することができる。

【0070】

電極板は、アルミニウム、シリコン、およびドーパされたシリコンからなる群から選択された材料を含むことができる。他の材料は、ステンレス鋼、炭素、クロム、タンゲステンその他の半導体または導体材料を含む。電極板は、保護被膜を有することができる。

【0071】

他の実施形態は、突出部を有する電極を用いたプラズマ処理の方法を含むことができる。例えば、上述したプラズマ処理装置において、処理は、ターゲット基板を処理室の中に装填して、下部電極にターゲット基板を取り付けることによって開始することができる。処理室からの初期ガスは、排気される。したがって、ターゲット基板の装填時に存在するガスは全て、除去することができる。次に、処理ガスが、処理室に供給される。プラズマは、第1のRF電力を上部電極または下部電極に印加することによって、(アルゴン等の)処理ガスから生成される。この上部電極は、第2の電極に面する表面領域を有する。この表面領域はほぼ平らで、表面領域から突出している同心リングの組を含む。同心リングの組は、所定の離間配分で配置され、各同心リングは、所定の断面形状を有する。上部電極は、同心リングの組に配置された誘電体部材を含むことができる。誘電体部材は、上部電極に取り付けられたシートであってもよく、ほぼ平らで、かつ/あるいは同心リング同士の間の空間を埋めている。この処理は、下部電極に接続された第2のRF電源の使用を含み、第2のRF電源は、下部電極に第2のRF電力を印加し、これによって、下部電極をバイアスする。第1の周波数は、生成されたプラズマの第2の電極にわたる特定の電子密度の不均一性が、約10%未満になるように、処理室内の作動圧力と同様に調節することができる。

【0072】

代替的な実施形態で、電極に含まれるリングの数は、電極の直径に基づいていてもよい。同様に、突出部の断面寸法は、電極の直径に基づいていてもよい。いくつかの実施形態で、直径300ミリメートルのウェハの処理に使用する電極板は、約2~30のリングを含み、直径450ミリメートルのウェハの処理に使用する電極板は、約3~45のリング

10

20

30

40

50

を含む。いくつかの実施形態で、ギャップ距離（突出部の隣接する列またはリングの離間距離）は、処理室内で生成されたプラズマ波長の波長すなわち周波数よりも小さい。他の実施形態で、寸法は1/4波長に基づいていてもよい。

【0073】

いくつかの実施形態で、断面寸法および/またはフィンの間隔は、上部電極に印加される周波数に基づいていてもよい。例えば、上部電極に印加される3MHz~30MHzの周波数を用いてプラズマが生成されるとき、フィンの間隔は、第1の所定のフィン間隔を有することができる。次に、プラズマが、上部電極に印加される30MHz~300MHzの周波数を用いて生成されるときは、第2の所定のフィン間隔が用いられ、第2の所定のフィン間隔は、第1の所定のフィン間隔よりも小さい。上部電極に、より高い周波数を印加すると、結果として、プラズマ波長が電極板よりも著しく小さくなる。例えば、印加された周波数が3MHz~30MHzでは、生成されたプラズマは、15センチメートル以上の波長を有することができ、印加された周波数が30MHz~300MHz（またはそれ以上）では、生成されたプラズマは、15センチメートル未満、かつ高調波の効果により、1センチメートル~3センチメートルの波長も有することができる。したがって、上部電極板の寸法は、特定の周波数を有する、調整された印加電力に基づいていてもよい。

10

【0074】

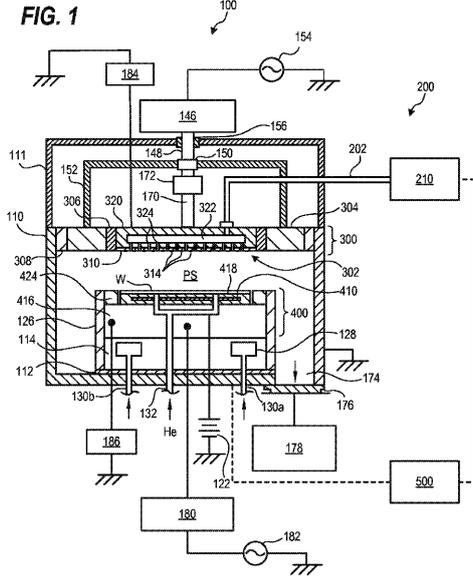
最適な突出部の断面高さを選択すると、有益である。突出部の高さが比較的小さいと、やはり中心の電子密度が高くなる場合がある。しかしながら、突出部が高すぎると、端部の電子密度が高いままとなる。上部電極と下部電極との間の通常の間隔（電極板の表面とターゲット基板の表面との間隔）は、約10ミリメートル~100ミリメートルであってもよい。上部電極の通常電力範囲は、50ワット~20,000ワットであり、圧力は、1ミリトール~10トールの範囲であってもよい。

20

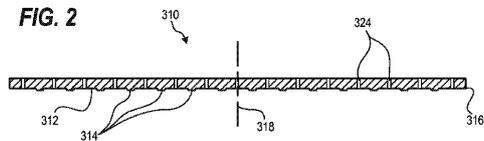
【0075】

本発明の特定の実施形態についてのみ、上記で詳しく述べてきたが、本発明の新規な教示および利点から実質的に逸脱することなく、本実施形態に多くの修正が可能であることが、当業者には容易に理解されるであろう。したがって、このような全ての実施形態が、本発明の範囲に含まれることが意図されている。

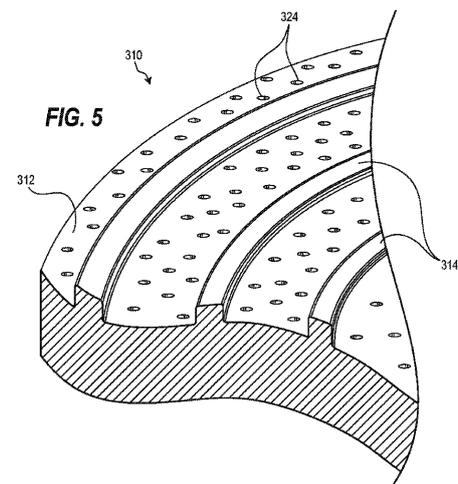
【 図 1 】



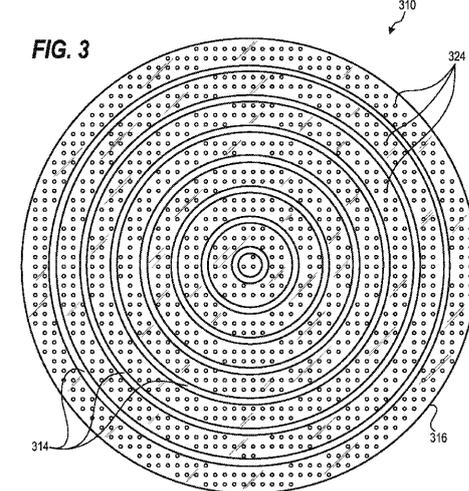
【 図 2 】



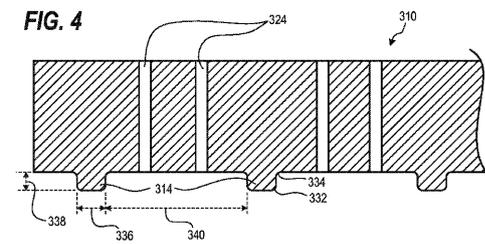
【 図 5 】



【 図 3 】

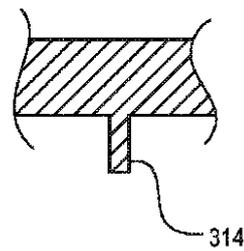


【 図 4 】



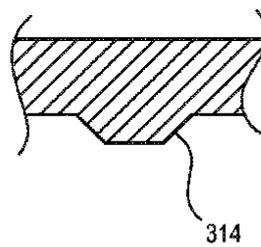
【 図 6 A 】

**FIG. 6A**



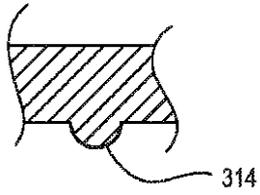
【 図 6 B 】

**FIG. 6B**



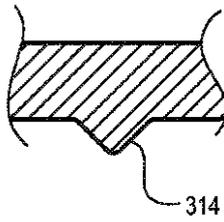
【 図 6 C 】

FIG. 6C



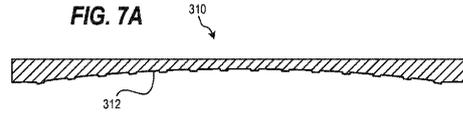
【 図 6 D 】

FIG. 6D



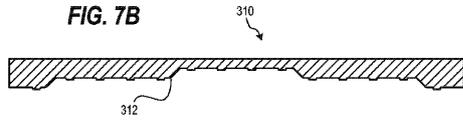
【 図 7 A 】

FIG. 7A



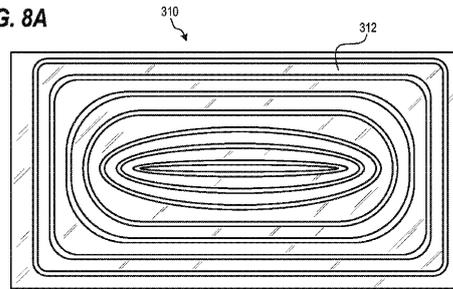
【 図 7 B 】

FIG. 7B



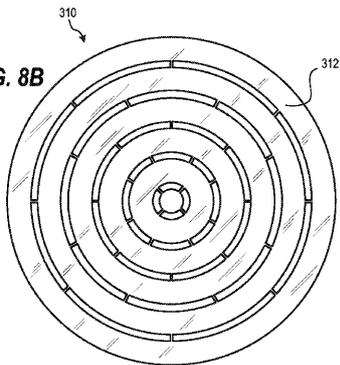
【 図 8 A 】

FIG. 8A

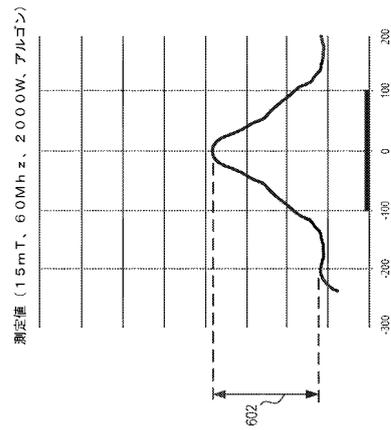


【 図 8 B 】

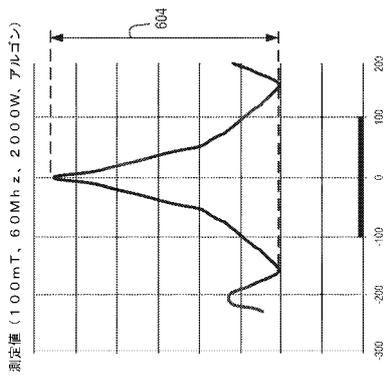
FIG. 8B



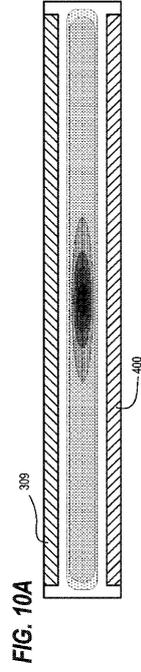
【 図 9 A 】



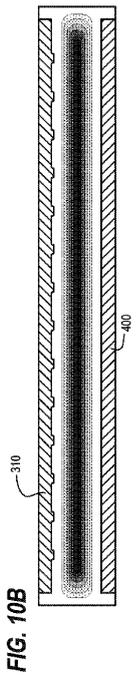
【図 9 B】



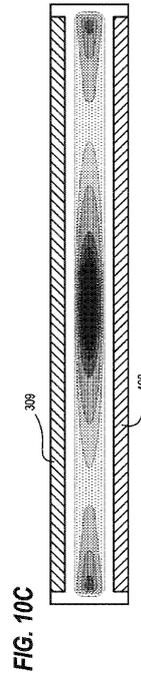
【図 10 A】



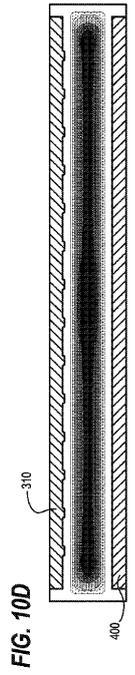
【図 10 B】



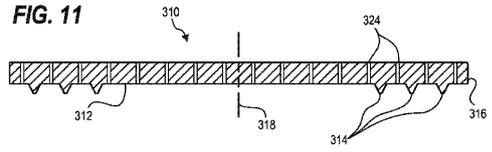
【図 10 C】



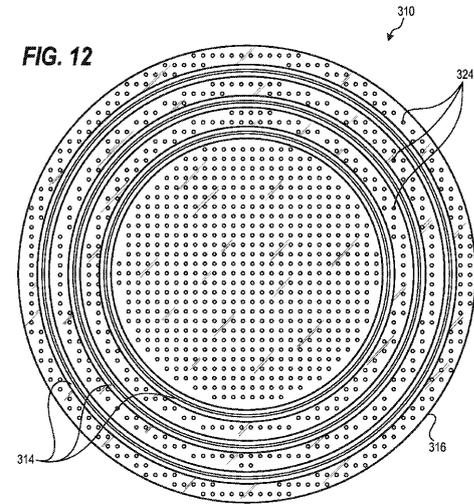
【 図 1 0 D 】



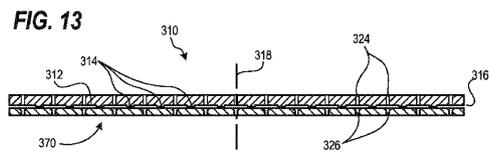
【 図 1 1 】



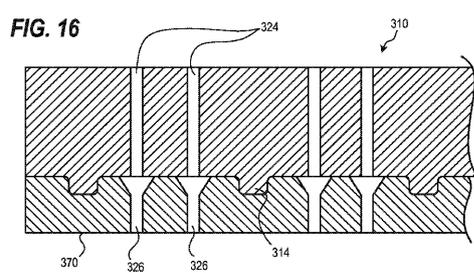
【 図 1 2 】



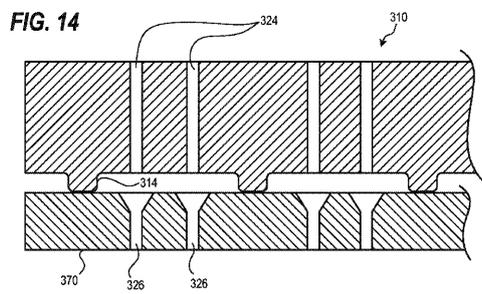
【 図 1 3 】



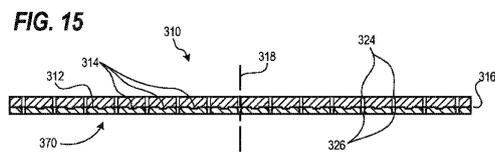
【 図 1 6 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2014/032812
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(B) - H01L 21/3065 (2014.01) USPC - 156/345.47 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(B) - G23F1/12, G23C16/455, H01L21/3065, G23C16/509 (2014.01) USPC - 118/723.00E, 156/345.47, 438/710, 427/569, 216/67 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched CPC - H01L21/3065, H01L21/30655 (2014.02) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Orbit, Google Patents, Google Scholar		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/102385 A1 (WI) 23 April 2009 (23.04.2009) Entire document	11
—		1-10, 12-20
Y	US 2012/0055632 A1 (DE LA LIERA et al.) 08 March 2012 (08.03.2012) Entire document	1-10, 18
Y	US 2011/162802 A1 (OKUMURA et al.) 07 July 2011 (07.07.2011) Entire document	2-10, 12-17, 19-20
A	JP 9-213884 A (KANAMORI) 15 August 1997 (15.08.1997) see machine translation	1-20
A	JP 2001181848 A (SNIL) 03 July 2001 (03.07.2001) see machine translation	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 July 2014		Date of mailing of the international search report <b>25 AUG 2014</b>
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ヴェントゼク, ピーター

アメリカ合衆国 7 8 7 3 9 テキサス州, オースティン, レドモンド・ロード 1 0 8 4 3

Fターム(参考) 2G084 AA02 AA03 AA04 AA05 AA07 AA26 BB02 BB05 BB28 BB30  
 CC04 CC05 CC12 CC13 CC14 CC16 CC33 DD02 DD04 DD15  
 DD19 DD21 DD22 DD23 DD24 DD25 DD34 DD37 DD41 DD55  
 DD63 DD65 DD66 DD68 FF23 FF32 FF40 HH07 HH22 HH24  
 HH25 HH30  
 5F004 AA01 BA04 BA09 BB13 BB22 BB23 BB26 BC08 BD04  
 5F045 AA08 DP03 EF05 EH04 EH05 EH12 EM02 EM05