

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-247066  
(P2007-247066A)

(43) 公開日 平成19年9月27日(2007.9.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C 2 3 C 16/455 (2006.01)</b>	C 2 3 C 16/455	4 K O 3 O
<b>H O 1 L 21/31 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/31	5 F O 4 5
	C	

審査請求 未請求 請求項の数 37 O L 外国語出願 (全 80 頁)

(21) 出願番号	特願2007-66095 (P2007-66095)	(71) 出願人	000227973 日本エー・エス・エム株式会社 東京都多摩市永山6丁目23番1
(22) 出願日	平成19年3月15日(2007.3.15)	(74) 代理人	100069899 弁理士 竹内 澄夫
(31) 優先権主張番号	11/376048	(74) 代理人	100096725 弁理士 堀 明▲ひこ▼
(32) 優先日	平成18年3月15日(2006.3.15)	(72) 発明者	清水 亮 東京都多摩市永山六丁目23番1日本エー ・エス・エム株式会社内
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	11/675520		
(32) 優先日	平成19年2月15日(2007.2.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

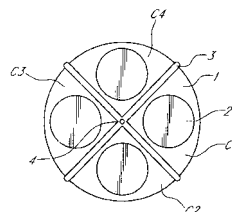
(54) 【発明の名称】 回転サセプタを備える半導体処理装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ソースガスコンパートメントおよびパージガスコンパートメントがサセプタのサセプタ回転方向において交互して与えられる処理ターゲット上に薄膜を堆積するための装置および方法を提供する。

【解決手段】 処理ターゲット上に薄膜を堆積するための装置が：反応空間；上下に移動可能であり、かつその中心軸周りに回転可能であるサセプタ1；および、ソースガスコンパートメントおよびパージガスコンパートメントを含む複数のコンパートメントC1～C4に反応空間を分割するための分離壁3を含み、それにおいて膜の堆積のためにサセプタが上昇されたとき、サセプタと分離壁の間に小さいギャップが作られ、それによってそれぞれのコンパートメントの間にガス分離が設定される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ターゲット上に薄膜を堆積するための装置であって：

反応空間；

複数のターゲット支持エリアを上を有し、前記ターゲット支持エリア上にそれぞれが位置する複数のターゲットを配置するための前記反応空間の内側に位置するサセプタであって、軸線方向において上側位置と下側位置の間で移動可能であり、かつ前記上側位置にあるときはその軸線周りに回転可能となるサセプタ；および、

処理のための複数のコンパートメントであって、前記複数のコンパートメントの中心軸線からそれぞれが放射状に延びる隔壁によって分割されており、前記反応空間の内側で、前記ターゲット上における膜の堆積のために前記サセプタが前記上側位置において前記隔壁と接触することなく連続回転可能となるギャップを形成するように前記サセプタの上方に配置され、前記ターゲットが上に配置された前記サセプタが前記上側位置において回転する間、同時に前記コンパートメント内において異なる処理を施すべく構成された複数のコンパートメント；

を含む装置。

## 【請求項 2】

前記隔壁のうちの少なくとも 1 つは、前記隔壁のうちの前記少なくとも 1 つによって画定される前記複数のコンパートメントのうちの 1 つの中に反応ガスまたはパージガスを導入するための少なくとも 1 つのガス流出孔を有する、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 3】

前記隔壁の中心は、パージガスまたは不活性ガスを前記複数のコンパートメントの中心に導入するためのガス流出孔を有する、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 4】

前記隔壁は、ガスに関して前記複数のコンパートメントを分離するガス・カーテンとして不活性ガスを前記サセプタに向けて排出するためのガス流出孔を有する、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 5】

前記隔壁のうちの少なくとも 1 つは、サセプタ回転方向に関して前および後側を有し、前記隔壁のうちの前記少なくとも 1 つは、前記複数のコンパートメントのうちの 2 つを分離し、前記前および後側のうちの一方は、前記 2 つのコンパートメントのうちの一方の中に反応ガスまたはパージガスを導入するための少なくとも 1 つのガス流出孔を有し、前記前および後側のうちの他方は、前記 2 つのコンパートメントのうちの前記一方を前記 2 つのコンパートメントのうちの他方からガスに関して分離するガス・カーテンとして不活性ガスを前記サセプタに向けて排出するための少なくとも 1 つのガス流出孔を有する、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 6】

前記隔壁の前記前および後側は、それぞれ、サセプタに面し、互いに対して角度を有し、かつ互いから離れる方向に面する平面を有する、請求項 5 に記載の装置。

## 【請求項 7】

前記複数のコンパートメントのうちの少なくとも 1 つは、その中に反応ガスまたはパージガスを導入するために、前記複数のコンパートメントのうちの前記少なくとも 1 つの上側部分にガス流出孔が設けられる、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 8】

前記サセプタは、前記ターゲット支持エリアの周囲に形成されたガスを通過させるための環状スリットを有する、請求項 7 に記載の装置。

## 【請求項 9】

前記サセプタは、前記ターゲット支持エリアの間にそれぞれが形成されたガスを通過させるためのスリットを有する、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記スリットは、前記サセプタの周縁から前記サセプタの中心軸に向かって延びる凹部によって構成される、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 1 1】

さらに、前記サセプタの下側に設けられるガス流入ポートを有する排気システムを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 2】

前記排気システムは、前記サセプタの前記軸方向において、その軸線の周りに回転することなく前記サセプタとともに移動可能である、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記複数のコンパートメントは、サセプタ回転方向において異なるサイズを有する、請求項 1 に記載の装置。 10

【請求項 1 4】

各ターゲット支持エリアは、その軸周りに前記サセプタより速い回転速度で回転可能である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記複数のコンパートメントのうち少なくとも 1 つは、前記複数のコンパートメントのうちの前記少なくとも 1 つに対応する領域内に各ターゲット支持エリアが完全に含まれないようなサイズを有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記複数のコンパートメントのうち少なくとも 1 つは、RF 電源ユニットまたはアニール・ユニットを備える、請求項 1 に記載の装置。 20

【請求項 1 7】

前記複数のコンパートメントのうち少なくとも 1 つは、前記複数のコンパートメントのうちの前記少なくとも 1 つの中に反応ガスを導入するためのシャワー・プレートが備えられる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 8】

処理ターゲット上に薄膜を堆積するための装置であって：

反応空間；

複数の処理ターゲットを上配置するたのサセプタであって、上下に移動可能であり、かつその中心軸線の周りに回転可能であるサセプタ；および、 30

前記反応空間を、ソースガスコンパートメントおよびパージガスコンパートメントを含む複数のコンパートメントに分割するための分離壁を含み、膜の堆積のために前記サセプタが上昇されたとき、前記サセプタと前記分離壁の間に小さいギャップが形成され、それによってそれぞれのコンパートメントの間にガス分離が設定され、各ソースガスコンパートメントおよび各パージガスコンパートメントが前記サセプタのサセプタ回転方向において交互に提供される装置。

【請求項 1 9】

前記小さいギャップは、約 0.5 mm から約 2.0 mm までである、請求項 1 8 に記載の装置。

【請求項 2 0】 40

半導体ターゲットを処理するための方法であって：

反応空間の内側に位置するサセプタ上に設けられたターゲット支持エリア上に複数の半導体ターゲットのそれぞれを配置すること；

前記サセプタの上に位置する複数のコンパートメントであって、前記複数のコンパートメントの中心軸線からそれぞれが放射状に延びる隔壁によって分割される処理のための複数のコンパートメントに対して、前記サセプタが前記ターゲット上における膜の堆積のために前記隔壁と接触することなく連続回転するようにギャップを形成する上側位置にある前記サセプタをその軸線の周りに回転すること；および、

前記ターゲットを処理するために、前記ターゲットが上に配置された前記サセプタが前記上側位置において連続的に回転する間、各コンパートメント内において独立に、かつ同 50

時に処理条件を作り出すこと；  
を含む方法。

【請求項 2 1】

前記作り出すことは、前記隔壁のうちの少なくとも 1 つに設けられた少なくとも 1 つのガス流出孔から、前記隔壁のうちの前記少なくとも 1 つによって画定される前記複数のコンパートメントのうちの 1 つの中に反応ガスまたはパージガスを導入することを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記作り出すことは、前記隔壁の中心に設けられたガス流出孔から前記複数のコンパートメントの中心にパージガスまたは不活性ガスを導入することを含む、請求項 2 1 に記載の方法。

10

【請求項 2 3】

前記作り出すステップは、前記隔壁内に設けられたガス流出孔から前記サセプタに向けてガス・カーテンとして不活性ガスを排出し、それによってガスに関して前記複数のコンパートメントを分離することを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記作り出すステップは：

前記隔壁のうちの少なくとも 1 つに備えられた前または後側のうちのいずれかに設けられる少なくとも 1 つのガス流出孔から、前記隔壁のうちの前記少なくとも 1 つによって分割される前記複数のコンパートメントのうちの 2 つの一方の中に反応ガスまたはパージガスを導入すること；および、

20

前記隔壁のうちの前記少なくとも 1 つに備えられた前記前または後側のうちの他方に設けられる少なくとも 1 つのガス流出孔から前記サセプタに向けて、前記 2 つのコンパートメントのうちの前記一方を前記 2 つのコンパートメントのうちの他方からガスに関して分離するガス・カーテンとして不活性ガスを導入すること；  
を含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記反応ガスまたはパージガスと前記不活性ガスは、互いから離れる方向に導入される、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記作り出すことは、前記複数のコンパートメントのうちの少なくとも 1 つの中に、前記複数のコンパートメントのうちの前記少なくとも 1 つの上側部分に設けられるガス流出ポートから反応ガスまたはパージガスを導入することを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

30

【請求項 2 7】

前記作り出すことは、さらに、前記サセプタの前記ターゲット支持エリアの周囲に形成された環状スリットにガスを通過させることを含む、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 8】

前記作り出すことは、さらに、それぞれが前記ターゲット支持エリアの間に形成された前記サセプタ内に設けられたスリットにガスを通過させることを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

40

【請求項 2 9】

前記ガスは、前記サセプタの周縁から前記サセプタの中心軸に向かって延びるスリットに通される、請求項 2 8 に記載の方法。

【請求項 3 0】

前記作り出すことは、さらに、前記サセプタの下側に設けられたガス流入ポートを介して前記反応空間からガスを排出することを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 3 1】

さらに、前記作り出すことに先行して、前記ガス流入ポートを、前記サセプタの前記軸線方向に、その軸線周りの回転なしに前記サセプタとともに移動することを含む、請求項 3 0 に記載の方法。

50

## 【請求項 3 2】

前記作り出すことは、さらに、各ターゲット支持エリアを、その軸線周りに前記サセプタより速い回転速度で回転することを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

## 【請求項 3 3】

前記作り出すことは、前記複数のコンパートメントのうちの一つの中に反応ガスを導入し、サセプタ回転方向において前記コンパートメントのうちの前記一つの上流に隣接する前記複数のコンパートメントのうち別の一つの中にパージガスを導入することを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

## 【請求項 3 4】

前記複数のコンパートメントのうち別のものは、前記ターゲット支持エリア上の各ターゲットが、前記サセプタの回転のいかなる時点においても前記複数のコンパートメントのうちの前記別のものに対応する領域内に完全に含まれ得ないようなサイズを有する、請求項 3 3 に記載の方法。

10

## 【請求項 3 5】

前記作り出すことは、前記複数のコンパートメントのうち少なくとも一つの中において R F 電力を印加すること、または前記ターゲットのアニールを行うことを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

## 【請求項 3 6】

前記作り出すことは、前記複数のコンパートメントを通して移動する間に前記ターゲット上に原子層を堆積させるべく前記サセプタの回転速度を制御することを含む、請求項 2 0 に記載の方法。

20

## 【請求項 3 7】

前記作り出すことは、前記サセプタが回転する間に、前記複数のコンパートメントのうち少なくとも一つの中において R F 電力を一定して印加し、それによって R F 電力の断続的なオン/オフ操作の必要性なしに前記ターゲット上に原子層を堆積させることを含む、請求項 3 6 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

関連出願に対するクロスリファレンス

30

本件は、2006年3月15日に出願された米国特許出願第 1 1 / 3 7 6 0 4 8 号の一部継続出願であり、その開示は参考文献として組み込まれる。

## 【0 0 0 2】

本発明は、概して原子層化学蒸着 ( A L C V D ) によって、たとえば半導体ウエハ等の処理ターゲット上に薄膜を堆積させるための膜堆積装置および方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0 0 0 3】

より高度の集積回路を取り扱うことができる半導体装置に対する需要の増加に従って、薄膜堆積について従来の C V D ( 化学蒸着 ) 方法より良好な制御を行える A L C V D ( 原子層 C V D ) 方法が注目されている。この分野の従来技術について、下記の特許文献 1、特許文献 2、特許文献 3、および特許文献 4 が挙げられる。A L C V D においては、膜堆積のために使用される反応ガス A および B ( 2 つのガスに限定されず、堆積される膜のタイプに従って A、B、C、および D 等の複数のガスの使用および切り替えが可能である ) が、処理ターゲットに交互に吸着され、吸着された層だけが膜の堆積に使用される。この理由のため、この方法は、制御された状態で数分子から薄膜が堆積されることを可能にし、ステップのある部分もまた効果的にコーティング ( 良好なステップカバレッジ ) されることが可能である。

40

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0 0 0 4】

50

このALCVDプロセスの実施においては、ガスAからガスB、またはその逆の切り替え前に反応器から残存ガスを完全に排出することが重要になる。またバルブが、ソースガスとパージガスの間を切り替えるために頻繁に開閉されなければならないことから、寿命が短くなる傾向にある。さらに質量流量制御およびそのほかの従来の流量制御手段の使用が、高速ガス切り替えのために不可能であり、それがオンタイム・プロセス監視を阻害している。ガスが反応器の内側に残存している場合には、CVD反応が気相で生じ、それがまた分子層レベルでの膜厚の制御を困難にする。また、気相における反応は、より大きなグレインを生成し、それが望ましくない粒子となる。従来は反応器から残存ガスAまたはBを完全に排出するために長いパージ時間が必要とされており、それが生産性を低下させていた。

10

## 【0005】

これに対して、ステージ上に複数の処理ターゲットを配置し、その後そのステージを回転して複数のシャワーヘッドの下に移動することによって膜を堆積する方法が、生産性を向上させるために提案されている（特許文献5）。しかしながらこの方法は、先駆物質AおよびBによって共に占められ、したがって大量のデッドスペースを有するシャワーヘッドの内側が、必然的に長時間にわたってパージされる必要がある。特許文献5の特許においては、先駆物質AおよびBが別々のシャワーヘッドを占有することを可能にする似た方法もまた提案されている。しかしながらこの場合は、ガス・カーテンによる分割が、横並びで配置される先駆物質AとBの間の化学反応を防止し得ず、結果として粒子が生成される。さらにこの方法は、処理ターゲットより大きい反応チャンバを必要とし、そのことは

20

## 【0006】

従来方法に伴う別の問題は、PEALDの下におけるRFプラズマの高速反復オン/オフ切り替えの必要性であり、それにおいてオン期間は、プラズマを安定化させるために少なくとも1秒、好ましくは2秒の長さでなければならない。チャンバのインピーダンスにおける変化を自動的に調整する整合回路から、この要件を満たすためには、RFプラズマをオンにした直後に、安定点を見つけるために可変容量を変化させなければならない、それが反復オン/オフ・プロセスにおけるボトルネックを呈している。

## 【0007】

このほかに、デッドスペース内のパージ効率を向上させるために、シャワーヘッドに排気バルブが取り付けられる方法が提案されている（たとえば、特許文献6、特許文献7、および特許文献8；すべてこの出願と同一の譲受人によって譲渡されている）。しかしながら、いくつかの場合においては、それらが十分な有効性を提供していない。

30

## 【0008】

【特許文献1】米国特許第6,572,705号明細書

【特許文献2】米国特許第6,652,924号明細書

【特許文献3】米国特許第6,764,546号明細書

【特許文献4】米国特許第6,645,574号明細書

【特許文献5】米国特許第6,902,620B1号明細書

40

【特許文献6】米国特許公報第2004/0221808号明細書

【特許文献7】米国特許公報第2005/0208217号明細書

【特許文献8】米国特許公報第2005/0229848号明細書

## 【0009】

したがって、本発明の目的は、上記の課題の1つまたはそれより多くを解決できる装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

ある実施態様においては、半導体ウエハ等の処理ターゲット上に薄膜を堆積するための装置が：反応チャンバ；上に複数の処理ターゲットを配置するための、上下に移動可能で

50

あり、かつその中心軸線の周りに回転可能であるサセプタ；および、ソースガスチャンバおよびパージガスチャンバを含む複数のチャンバ（コンパートメント）に反応空間を分割するための分離壁を含み、それにおいて膜の堆積のためにサセプタが上昇されたとき、サセプタと分離壁の間に小さいギャップが作られ、それによってそれぞれのチャンバの間にガス分離が設定され、各ソースガスチャンバおよび各パージガスチャンバがサセプタのサセプタ回転方向において交互に提供される。複数のターゲットが上に配置されたサセプタが回転され、その間、ソースガスAの吸着、パージ、吸着されたソースガスAとソースガスBの反応、およびパージの工程が連続的にして交互に実施され各ターゲット上に薄膜を堆積させる。

**【0011】**

上記において、各ターゲットが、そのターゲットを処理する間に各コンパートメント内でサセプタ回転方向に静止している必要はない。ターゲットが連続的にサセプタ回転方向に移動する間、ターゲットは、各コンパートメント内において特定の処理を受ける。サセプタの回転速度（すなわち、サセプタの円周方向における各ターゲットの移動速度）は、使用される先駆物質の吸着速度および反応速度をはじめ、必要なパージ時間から決定できる。ALD膜堆積の実施態様においては、これらの時間パラメータのうちの最長時間を回転速度として使用することができる。ALD膜堆積は、自己飽和反応であることから、回転サセプタを停止する必要性、または回転速度を変更してそれぞれの最適時間に適応させる必要がない。

10

**【0012】**

ある実施態様においては、サセプタの温度を、使用されるガスのタイプの吸着および分解の温度に応じて約50 から約500 までの範囲内に制御することができる。ある実施態様においては、シャワーヘッドの温度（コンパートメントの温度）もまた約50 から約500 までの範囲内に制御することができる。ある実施態様においては、壁と、膜堆積の間に上昇したサセプタとの間の小さいギャップを約0.5 mmから約2 mmまでの範囲内に設定できる。ある実施態様においては、より完全にそれぞれの反応チャンバを分離するために、この装置が、それらの壁のボトムに沿って設けられた複数のガス取り入れ口から不活性ガスを導入し、その後サセプタ内に設けられた排気ポートから不活性ガスを排出するべく構成される。本発明において、ある実施態様内の『分離』は、実質的なガス分離を意味し、それが完全な物理的分離である必要はない。別の実施態様においては、『分離』が圧力的分離、温度的分離（シャワー・プレートが使用される場合）、または電気的分離を含むことがある。

20

30

**【0013】**

ある実施態様においては、ソースガスが隣接するチャンバに漏れた場合であっても膜堆積結果が影響されることがないように、交互に配置されるソースガスとパージガスのチャンバを含むことができる。また、各ソースガスの吸着および/または反応を別々に最適圧力に制御することが可能である。ソースガスチャンバが横並びで備えられることなく、パージガスチャンバによって分離されていれば、セッティングがソースガスチャンバ間に圧力差をもたらす場合であっても安定した制御が可能になる。

**【0014】**

ある実施態様においては、飽和プロセスではないCVD類似プロセスを実施するためにターゲット自体をサセプタより速い速度で回転することも可能である。

40

**【0015】**

壁によって分割される各チャンバが同一サイズである必要はない。各チャンバが処理ターゲットより小さい場合であっても、サセプタの回転によって処理ターゲットが反応チャンバを通過する間に、ソースガスの吸着および/または反応またはパージの実施が可能である。

**【0016】**

上記の実施態様の少なくとも1つによれば、各ソースガスが特定の別々のチャンバ内に流れることから、ソースガスを切り替えるための追加のパージを必要としない。サセプタ

50

の回転によって、処理ターゲットがパージ・チャンバを通過する間にその処理ターゲットの表面をパージできることから、ターゲットが次のソースガスに暴露される時点までにパージ処理を完了することが可能である。これは、生産性における有意な改善を実現する。さらに、前述の実施態様の少なくとも1つにおいては、ソースガスが気相で混じることがなく、それが粒子生成を抑え、膜厚の一様性を改善する。それに加えて、サセプタによって吸着されたソースガスだけが反応を生じ、したがって不要な膜堆積が防止されることからメンテナンス周期を長くすることが可能になる。しかも前述の実施態様の少なくとも1つにおいては、高速ガス切り替えが必要なくなり、それがバルブ寿命を延ばし、さらに質量流量制御を使用した異常についてのソースガスのフロー・レートのオンタイム監視を可能にし、それによって安定した製造装置が提供される。

10

**【0017】**

前述の実施態様のすべてにおいて、実施態様内に使用される任意の要素は、別の実施態様内において相互交換可能に、または追加的に使用されることが可能であるが、その種の置換が実行可能でないか、有害な効果を生じるときはその限りでない。さらに本発明は、装置および方法に等しく適用され得る。本発明を、装置および方法の両方に適用することが可能である。

**【0018】**

本発明および関連技術を超えて達成されるその利点を要約する目的のため、本発明の特定の目的および利点を上に述べた。当然のことながら、その種の目的または利点がすべて、本発明のいずれかの特定の実施態様に従って必ずしも達成されないことは理解されよう。したがって、たとえば当業者は認識することになるが、本発明が、ここに教示されている1つの利点または利点のグループを、ここに教示されているか示唆されているとし得るほかの目的または利点を必ずしも達成することなしに達成し、または最適化する態様で具体化され、または実施されることがある。

20

**【0019】**

本発明の追加の態様、特徴、および利点は、続く好適実施態様の詳細な説明から明らかになるであろう。

**【0020】**

以上の、およびそのほかの本発明の特徴を、以下、本発明の限定ではなく例示が意図された好適な実施態様の図面を参照して説明する。図面は、例示目的のため多分に簡略化され、縮尺は考慮されていない。

30

**【発明を実施するための最良の形態】****【0021】**

本発明を、好適な実施態様および図面を参照して詳細に説明する。しかしながら、これらの好適な実施態様および図面は、本発明を限定する意図ではない。

**【0022】**

本発明は、限定の意図ではないが以下の実施態様を含む種々の方法で実施することが可能であり、それにおいて図面内で使用されている数は、純粋に実施態様の理解を容易にする目的だけのために使用されており、それらの数にそれが限定されないものとする。さらに、この明細書において、同一要素に異なる用語または名称が割り当てられることがあり、その場合には、それらの異なる用語または名称のうちの1つが、機能的に、または構造的にその残りとお互にオーバーラップするかまたは含むか、またはその残りとお互に交換可能に使用され得る。

40

**【0023】**

ある実施態様においては、半導体処理装置が：(i) 反応空間（たとえば100）；(ii) 上に複数のターゲット支持エリアを有し、反応空間の内側に位置し、複数の半導体ターゲット（たとえば2）のそれぞれをターゲット支持エリア上に配置するためのサセプタ（たとえば、1、1'、101）であって、その軸線方向において上側位置と下側位置の間で移動可能であり、上側位置にあるときはその軸線の周りに回転可能となるサセプタ；および(iii) 処理のための複数のコンパートメント（たとえば、C1～C4；P1

50



～ P 2 および R 1 ～ R 3 ; P 1 ～ P 4 および R 1 ～ R 4 ; P 1 ～ P 3 および R 1 ～ R 2 、 および R F A ) であって、それらの複数のコンパートメントの中心軸線からそれぞれが放射状に延びる隔壁 (たとえば、3 ; 3 a ～ 3 d、1 0 3 ) によって分割されており、反応空間の内側において、サセプタが隔壁に接触することなくターゲット上における膜の堆積のために上側位置において連続回転できるようにギャップ (たとえば ) を形成するようにサセプタの上方に配置されており、ターゲットが上に配置されたサセプタがその上側位置において連続的に回転する間、同時にそれらのコンパートメント内において異なる処理を施すべく構成された複数のコンパートメントを含む。

【 0 0 2 4 】

上記の実施態様は、限定の意図ではないが以下の実施態様を含む。

10

【 0 0 2 5 】

隔壁のうちの少なくとも1つは、その隔壁のうちの少なくとも1つによって画定される複数のコンパートメントのうちの1つの中に反応ガスまたはパージガス (たとえば、N<sub>2</sub>、Ar、He、またはNe) を導入するための少なくとも1つのガス流出孔 (たとえば、1 1、1 8、4 0) を有することができる。隔壁の中心 (たとえば4) は、パージガスまたは不活性ガスを複数のコンパートメントの中心に導入するためのガス流出孔 (たとえば1 0) を有することができる。隔壁は、ガスに関して複数のコンパートメントを分離するガス・カーテンとして不活性ガスをサセプタに向けて排出するためのガス流出孔 (たとえば、5、1 2、1 7、1 0 5) を有することができる。

【 0 0 2 6 】

隔壁のうちの少なくとも1つは、サセプタ回転方向に関して前および後側 (たとえば、3 a F、3 b F ; 3 a B、3 b B) を有することができ、その隔壁のうちの少なくとも1つは複数のコンパートメントのうちの2つを分離し、前および後側のうちの一方は、それらの2つのコンパートメントのうちの一方の中に反応ガスまたはパージガスを導入するための少なくとも1つのガス流出孔 (たとえば、1 1、1 8) を有し、前および後側のうちの他方は、それらの2つのコンパートメントのうちの一方をそれらの2つのコンパートメントのうちの他方からガスに関して分離するガス・カーテンとして不活性ガスをサセプタに向けて排出するための少なくとも1つのガス流出孔 (たとえば、1 7、1 2) を有する。隔壁の前および後側 (たとえば、3 a F、3 b F ; 3 a B、3 b B) は、それぞれ、サセプタに面し、互いに対して角度を有し、かつ互いから離れる方向に面する平面を有する

20

30

【 0 0 2 7 】

複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つ (たとえばC 6) には、その中に反応ガスまたはパージガスを導入するために、その複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つの上側部分にガス流出孔 (たとえば4 0) を設けることができる。サセプタは、ターゲット支持エリアの周囲に形成されたガスを通過させるための環状スリット (たとえば3 3) を有することができる。

【 0 0 2 8 】

サセプタは、それぞれがターゲット支持エリアの間に形成されたガスを通過させるためのスリット (たとえば、6、1 0 6) を有することができる。これらのスリットは、サセプタの周縁からサセプタの中心軸に向かって延びる凹部によって構成することができる。

40

【 0 0 2 9 】

この半導体処理装置は、さらに、サセプタの下側に設けられるガス流入ポート (たとえば、3 1、3 2、3 7 a ～ 3 7 d) を有する排気システム (たとえば3 0) を含むことができる。この排気システムは、サセプタの軸線方向において、その軸線の周りの回転なしに、サセプタとともに移動可能とすることができる。

【 0 0 3 0 】

複数のコンパートメント (たとえば、P 1 ～ P 3 に対する R 1 ～ R 3 ; P 1 ～ P 4 に対する R 1 ～ R 4 ; R F A に対する P 1 ～ P 2 / R 1 ～ R 2) は、サセプタ回転方向において異なるサイズを有することができる。複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つ

50

(たとえば、P 1 ~ P 3 ; P 1 ~ P 4 および R 1 ~ R 4 ; P 1 ~ P 3 および R 1 ~ R 2 ) は、その複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つに対応する領域内に各ターゲット支持エリアが完全に含まれ得ないようなサイズを有することができる。複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つ(たとえばR F A)には、R F 電源ユニットまたはアニール・ユニットを備えることができる。複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つには、その複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つの中に反応ガスを導入するためのシャワー・プレート(たとえば4 0)を備えることができる。

【0 0 3 1】

各ターゲット支持エリア(たとえば2 0 2)は、その軸線の周りにサセプタより速い回転速度で回転することができる。

10

【0 0 3 2】

別の態様においては、本発明を、半導体ターゲットを処理する方法に適用することが可能であり、当該方法は：(a)複数の半導体ターゲット(たとえば2)のそれぞれを、反応空間(たとえば1 0 0)の内側に位置するサセプタ(たとえば、1、1'、1 0 1)上に設けられたターゲット支持エリア上に配置すること；(b)サセプタの上に位置する複数のコンパートメント(たとえば、C 1 ~ C 4 ; P 1 ~ P 2 および R 1 ~ R 3 ; P 1 ~ P 4 および R 1 ~ R 4 ; P 1 ~ P 3 および R 1 ~ R 2、およびR F A)であって、複数のコンパートメントの中心軸線からそれぞれが放射状に延びる隔壁(たとえば、3 ; 3 a ~ 3 d、1 0 3)によって分割される処理のための複数のコンパートメントに対して、サセプタがターゲット上における膜の堆積のために隔壁と接触することなく連続回転するようにギャップ(たとえば)を形成する上側位置にあるサセプタをその軸線の周りに回転すること；および(c)ターゲットを処理するために、ターゲットが上に配置されたサセプタがその上側位置において連続的に回転する間、各コンパートメント内において独立に、かつ同時に処理条件を作り出すことを含む。

20

【0 0 3 3】

上記の実施態様は、限定の意図ではないが以下の実施態様を含む。

【0 0 3 4】

上記の作り出すことは、隔壁のうちの少なくとも1つに設けられた少なくとも1つのガス流出孔(たとえば、1 1、1 8、4 0)から、その隔壁のうちの少なくとも1つによって画定される複数のコンパートメントのうちの1つの中に反応ガスまたはパージガスを導入することを含むことができる。この作り出すことは、隔壁の中心(たとえば4)に設けられたガス流出孔(たとえば1 0)から複数のコンパートメントの中心にパージガスまたは不活性ガスを導入することを含むことができる。この作り出すことは、隔壁内に設けられたガス流出孔(たとえば、5、1 2、1 7、1 0 5)からサセプタに向けてガス・カーテンとして不活性ガスを排出し、それによってガスに関して複数のコンパートメントを分離することを含むことができる。

30

【0 0 3 5】

上記の作り出すことは：(I)隔壁のうちの少なくとも1つに備えられた前または後側(たとえば、3 a F、3 b F ; 3 a B、3 b B)のうちのいずれかに設けられる少なくとも1つのガス流出孔(たとえば、1 1、1 8、または1 2、1 7)からその隔壁のうちの少なくとも1つによって分割される複数のコンパートメントのうちの2つの一方の中に反応ガスまたはパージガスを導入すること；および(II)その隔壁のうちの少なくとも1つに備えられた前または後側のうちの他方に設けられる少なくとも1つのガス流出孔(たとえば、1 1、1 8、または1 2、1 7)からサセプタに向けて、それら2つのコンパートメントのうちの一方をそれらの2つのコンパートメントのうちの他方からガスに関して分離するガス・カーテンとして不活性ガスを導入することを含むことができる。これらの反応ガスまたはパージガスと不活性ガスは、互いから離れる方向に導入されるようにできる。

40

【0 0 3 6】

上記の作り出すことは、複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つの中に、その

50

複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つの上側部分に設けられたガス流出孔（たとえば40）から反応ガスまたはパージガスを導入することを含むことができる。この作り出すことは、さらに、サセプタのターゲット支持エリアの周囲に形成された環状スリット（たとえば33）にガスを通過させることを含むことができる。

【0037】

上記の作り出すことは、さらに、それぞれがターゲット支持エリアの間に形成されたサセプタ内に設けられるスリット（たとえば、6、106）にガスを通過させることを含むことができる。ガスは、サセプタの周縁からサセプタの中心軸に向かって延びるスリットに通すようにできる。

【0038】

上記の作り出すことは、さらに、サセプタの下側に設けられるガス流入ポート（たとえば、31、32；37a～37d）を介して反応空間からガスを排出することを含むことができる。さらにこの方法は、上記の作り出すことに先行して、このガス流入ポートを、サセプタの軸線方向に、その軸線の周りの回転なしにサセプタとともに移動することを含むことができる。

【0039】

上記の作り出すことは、さらに、各ターゲット支持エリア（たとえば202）を、その軸線の周りにサセプタより速い回転速度で回転することを含むことができる。

【0040】

上記の作り出すことは、さらに、複数のコンパートメントのうちの1つ（たとえば、R1～R3；R1～R4；R1～R2）の中に反応ガスを導入し、サセプタ回転方向においてそのコンパートメントの1つの上流に隣接する複数のコンパートメントのうちの別の1つ（たとえば、それぞれP1～P3；P1～P4；P1～P3）の中にパージガスを導入することを含むことができる。複数のコンパートメントのうちの別のもの（たとえば、P1～P3；P1～P4およびR1～R4；P1～P3およびR1～R2）は、ターゲット支持エリア上の各ターゲットが、サセプタの回転のいかなる時点においてもその複数のコンパートメントのうちのその別のものに対応する領域内に完全に含まれ得ないようなサイズを有することができる。

【0041】

上記の作り出すことは、複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つ（たとえばRFA）の中においてRF電力を印加すること、またはターゲットのアニールを行うことを含むことができる。

【0042】

上記の作り出すことは、複数のコンパートメントを通して移動する間にターゲット上に原子層を堆積させるべくサセプタの回転速度を制御することを含むことができる。さらにこの作り出すことは、サセプタが回転する間に、複数のコンパートメントのうちの少なくとも1つの中においてRF電力を一定して印加し、それによってRF電力の断続的なオン/オフ操作の必要性なしにターゲット上に原子層を堆積させることを含むことができる。

【0043】

以下、各図面を参照し、本発明を限定する意図のない好適な実施態様について説明する。

【0044】

図1は、本発明の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の略図的な平面図、図4はサセプタ1および分離壁3の略図的な斜視図であり、それぞれ例示目的のためにトップ・プレートが省略されている。ターゲット2（たとえば半導体基板）は、サセプタ1上に形成されたそれぞれのターゲット支持エリア上に配置される。ターゲット支持エリアは、ターゲット2と概ね、または実質的に同一のサイズを有するか、またはそれよりわずかに大きく、したがって図から省略されている。サセプタ1は、4つより多くのターゲット（たとえば、5、6、8、10、およびそれらの数のうちの任意の2つの間の数）または4つより少ないターゲット（たとえば、2または3）を保持するべく構成可能である。ちな

10

20

30

40

50

みにターゲット支持エリアは、必ずしもすべてが使用される必要はなく、与えられた処理に応じてターゲット支持エリアより少ないターゲットをその上に保持することが可能である。

【0045】

処理ターゲットは、半導体基板またはデバイスとすることができ、200mmまたは300mmの直径を有することができるが、サイズおよび形状はそれに限定されないものとする。

【0046】

図1および4においては、4つのコンパートメントC1~C4が形成され、分離壁3によって分割されている。たとえばコンパートメントC1およびC3は、パージガスコンパートメント、コンパートメントC2およびC4は反応ガスコンパートメントであり、それにおいてはパージガスコンパートメントと反応ガスコンパートメントが交互に配置されており、その結果、パージガスコンパートメントがバッファとして機能可能であることから、反応ガスに関して各コンパートメントの分離を確保することが可能になる。コンパートメントの数は4つである必要はなく、ターゲット支持エリアの数とは独立に、与えられた処理に応じてそれを決定することができる。図24は、本発明の別の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の略図的な平面図である。これらの図においても例示目的のためにトップ・プレートが省略されている。さらに、後述するサセプタ1内に備えることができる排気ポートについても例示目的のために省略されている。

【0047】

図24では、サセプタ回転方向において交互に配置されたパージガスコンパートメントP1~P3および反応ガスコンパートメントR1~R3からなる6つのコンパートメントが存在する。図1の場合と同様に、各反応ガスコンパートメントに異なる反応ガスが提供される。この構成においては、R1、R2、またはR3からいくらかの反応ガスが漏れることがあっても、パージガスコンパートメントP1~P3がバッファ・エリアとして機能することから、漏れた反応ガスがほかの反応ガスコンパートメント内に入ることがない。図1の場合と同様に、分離壁を使用したガス流の操作が比較的困難な中心またはその近傍における反応ガスの望ましくない混合が防止されるように、分離壁3が中心パージ・ポート4を有する。

【0048】

図2は、本発明の実施態様に従った図1のサセプタ1および分離壁3の略図的な正面図である。中心パージ・ポート4は、分離壁3のボトムから下側に突出している。図5は、実施態様における中心パージ・ポート4の構造を略図的に示している。この図において、サセプタ1は、中心に凹状部分または凹部を有する(たとえば、約2mmから約20mmまでの深さ、および約5mmから約40mmまでの幅を有する)。中心パージ・ポート4は、パージガスが排出される開口部を下端に有する管状出口10を有することができる。管状出口10は、約5mmから約40mmまでの長さを有することができる。管状出口10から排出されたパージガスは、サセプタ1の中心から周縁に向かって流れる。このパージガスの流れは、コンパートメント間における反応ガスの望ましくない混合を効果的に防止する。

【0049】

図3は、本発明の実施態様に従った分離壁3の略図的な部分斜視図である。分離壁3は、下端に流出孔5を有する。これらの流出孔5は、中心から周縁に向かって整列されている。この図において流出孔5は直線に整列されているが、別の流出孔を、流出孔5の隣のラインに整列させることも可能であり、それによって2つの異なるタイプのガスをそれぞれ分離壁3の前側および後側から排出することが可能になる。さらに、流出孔5から排出されるガスの流れの角度を、特定のコンパートメント内にガスが効果的に排出されるように整えることができる。ある実施態様においては、反応ガスが指定のコンパートメントに向かって排出され、それに対してパージガスは、ガス・カーテンとして機能するようにまっすぐ下に排出される。パージガスコンパートメントが備えられる場合には、効果的にそ

10

20

30

40

50

のコンパートメントに入るように、そのコンパートメントに向かう角度でパージガスを排出することができる。分離壁は、約 5 mm から 100 mm まで、好ましくは約 20 mm から 40 mm までの幅を有することができる（図 8 における分離壁の高さ + ；流出孔のサイズについては後述）。

#### 【0050】

図 2 の実施態様においては、サセプタ 1 が排気切り欠き 6 を有し、それを介して反応ガスおよび/またはパージガスが下方に通過し、その結果、汚染または反応ガスの望ましくない混合をより効果的に防止することが可能になる。切り欠き 6 は、1 つのターゲット支持エリアを通過したガスが、隣接するターゲット支持エリアに入る前に切り欠き 6 を通って排出されるように隣接するターゲット支持エリアの間に形成することができる。ある実施態様においては、図 13、16、または 20 に示されているとおり、切り欠き 6 が周縁から中心に向かって延びている。周縁における切り欠き 6 の幅は、約 5 mm から約 100 mm までの範囲内とすることができ、周縁から中心に向かう長さは、約 100 mm から約 400 mm までの範囲内とすることができ、切り欠き 6 は、中心に向かって次第に狭くなるようにしてもよく、または長さ方向において一定の幅を有するようにしてもよい。別の実施態様においては、切り欠き 6 が複数スリットから形成されるようにできる。切り欠きは、その切り欠きを介してコンパートメント内のガスの排出を促進できる限り、任意の形状で形成することが可能である。さらに、ある実施態様においては、切り欠きがサセプタのトップにおいて、サセプタのボトムにおける開口部より広い開口部を有することができる。図 8（後述）においては、サセプタの切り欠きがテーパ付き表面を有する。

10

20

#### 【0051】

図 7 は、本発明の実施態様に従った分離壁 3 a、3 b、およびトップ・プレート 20 の略図的な（図 6 の A - B 線に沿った）部分断面斜視図である。この図においてはトップ・プレート 20 が示されている。典型的に、トップ・プレート 20 は、分離壁 3 a、3 b と連結される別体の部品である。トップ・プレート 20 はアルミニウムから作ることができ、分離壁 3 a、3 b はアルミニウムから作ることができる。ある実施態様においては、トップ・プレート 20 を単一部品として分離壁と一体で形成することができる。

#### 【0052】

この図の中の分離壁 3 a は、サセプタ回転方向における前側 3 a F および後側 3 a B を有する。分離壁 3 b は、サセプタ回転方向における前側 3 b F および後側 3 b B を有する。前側 3 a F は、分離壁 3 a と 3 b の間のコンパートメントにガスが効果的に排出されることが可能となるように、サセプタの軸線方向に関して角度が付けられた流出孔 11 を有する。ある実施態様においては、流出孔 11 からのガスの流れの排出角度を、サセプタに面するトップ・プレート 20 の平面に関して約 5 ° から約 90 ° まで（好ましくは約 10 ° から約 85 ° まで）とすることができる。ある実施態様においては、流出孔の数を 5 から 300 まで（好ましくは 10 から 200 まで）とすることができる。ある実施態様においては、流出孔の直径を約 0.1 mm から約 5 mm まで（好ましくは約 0.5 mm から約 2 mm まで）の範囲内とすることができる。以上の流出孔の構造的特性は、前側 3 b F 上の流出孔 18 に対しても適用できる。

30

#### 【0053】

それぞれの後側 3 a B および 3 b B 上の流出孔 17 および 12 は、流出孔 11 と類似の構造的特性を有することが可能であるが、排出角度が異なる。この図において、流出孔 17 および 12 は、ガス・カーテンとして機能するパージガスまたは不活性ガスの排出用であり、したがって排出角度は、典型的に、サセプタの軸線方向と平行になる。ある実施態様においては、装置内に備わる排気システムに応じて流出孔 17 および 12 の排出角度を整えることができる。言い換えると、ガスが効果的かつ安定して流れ、それによって良好なガス・カーテンの形成が可能となるように排気システムの方にガスが排出される。パージガスまたは不活性ガスを排出するための流出孔の数は、反応ガスを排出するための流出孔より多くすることができる。

40

#### 【0054】

50



図21は、図18に示されている本発明の実施態様に従った排気プレート30の略図的な平面図である。図22は、図21に示されている本発明の実施態様に従った排気プレート30の略図的な斜視図である。排気プレート30は、コンパートメントC1~C4に対応する開口部37a~37dを有する。これらの開口部は、排気チャンネル30a~30d(図19参照)にそれぞれ連結されている。37a~37d等の排気ポートがC1~C4等のコンパートメントに対応するとき、サセプタと分離壁の間に小さいギャップを伴って形成される場合であっても、それらコンパートメントの圧力コントロールを、圧力センサ36a、36b等の圧力測定手段および排気システムによって別々に行うことが可能である。さらに、各コンパートメントの圧力は、それぞれの反応ガスが気相において互いに混じらない態様で個別に設定することが可能である。排気プレート30の中心には、貫通孔38が設けられ、そこにサセプタ1のシャフト7が挿入される。

10

## 【0060】

排気ポート37a~37dは、図21に示されている開口部である必要はなく、中心から周縁に向かって放射状に延びる複数のスリットによって構成してもよい。

## 【0061】

図23は、本発明の実施態様に従った装置の略図的な仮想断面図であり、排気チャンネル30a、30b、および排気プレート30を示している。排気プレート30は、サセプタ1と同様に移動可能である。サセプタ1は回転可能であるが、排気プレート30は回転可能でない。サーボ・モータ91が、サセプタ1および排気プレート30の上昇/下降を行う。排気プレート30は、シールを破ることなくサセプタ1の回転の間に排気プレート30が回転しないように磁気シール95を使用してサセプタ1に接続される。排気チャンネル30a、30bは、それぞれベローズ93a、93bを介して排気パイプ94a、94bに連結される。装置の内部は、排気部96に連結されており、ベローズ92によってシールされている。ある実施態様においては、反応空間内の確実な排気の流れが効率的に達成され、それによって各コンパートメントがガスに関して効果的に分離されている限り、排気プレートが移動可能でなく、装置に固定される。サセプタおよび排気プレートがともに移動可能であるとき、分離壁からのガスが安定して反応空間から排気されることが可能になる。

20

## 【0062】

図2に示されているとおり、実施態様においては、分離壁3の下端とサセプタ1のトップ表面の間の距離が、ターゲット2の厚さより大きく、その結果、サセプタが上側位置において、分離壁と接触することなくターゲット上における膜の堆積のために連続して回転することが可能となり、かつコンパートメントがガスの流れまたは気相に関して分離されることが可能となる。距離は、0.5mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm、3.0mm、4.0mm、およびそれらの数のうちの任意の2つの間の範囲(好ましくは約0.5mmから約2.0mmまで)を含む約0.4mmから約5.0mmまでに設定できる。分離壁3の下端とターゲット2のトップ表面の間の距離は、0.2mm、0.5mm、1.0mm、2.0mm、およびそれらの数のうちの任意の2つの間の範囲を含む約0.1mmから約3.0mmまでの範囲内とすることができる。

30

## 【0063】

図8は、本発明の実施態様に従ったサセプタ1、分離壁3aおよび3b、トップ・プレート20、ならびに排気プレート30の仮想的な(図6のA-B線に沿った)部分断面図である。分離壁の軸線が、中心パーシポートではない太線21によって示されている。分離壁3aおよび3bは、反応空間100を分割し、下側にコンパートメントC5が形成されるトップ・プレート20を挟み込んでいる。分離壁3aは、サセプタ回転方向に関して前側3aFおよび後側3aBを有する。分離壁3aの前側3aFには、反応ガス用の流出孔11が設けられている。分離壁3aの後側3aBには、パーシガスまたは不活性ガス用の流出孔17が設けられている。分離壁3bは、サセプタ回転方向に関して前側3bFおよび後側3bBを有する。分離壁3bの前側3bFには、反応ガス用の流出孔18が設けられている。分離壁3bの後側3bBには、パーシガスまたは不活性ガス用の流出孔1

40

50

2 が設けられている。この実施態様においては排気プレート 30 が排気ポート 31、32 を有する。

【0064】

分離壁 3a、3b の厚さ + は、トップ表面から最下端までを測定したとき、ある実施態様では約 10 mm から約 100 mm までとすることができる。分離壁 3a、3b は、トップ・プレート 20 の下側平面から だけ突出している。この差 は、1.0 mm、1.5 mm、2.0 mm、3.0 mm、4.0 mm、および以上のうちの任意の 2 つの数の間の範囲（好ましくは 1.0 mm から 2.0 mm まで）を含む約 0.5 mm から約 5.0 mm までの範囲内とすることができる。

【0065】

図 10 は、図 8 に示されている構造の略図的な部分断面図であり、本発明の実施態様に従ったガス流の方向 51、52、53、54、およびサセプタの回転の方向 55 を示している。サセプタ 1 は方向 55 に回転する。流出孔 11 から排出された反応ガスは、サセプタ回転方向 55 とは逆の方向 51 に流れ、それにおいて反応ガスがターゲットの表面に接触し、ターゲット上に ALD 膜が堆積される。これは自己飽和反応であり、したがってターゲットがコンパートメント C5 内にとどまる間に ALD 膜の堆積が完了するような速度においてサセプタ 1 が回転する限り、時間制御が精密に行われる必要はない。パージガスまたは不活性ガスは、流出孔 17 および 12 からまっすぐ下側に、それぞれ方向 52 および 53 に排出される。反応ガスは、矢印 54 で示されるとおり、排気プレート 30 の排気ポート 32 に吸い込まれるが、パージガスは、矢印 58 で示されるとおり排気プレート 30 の排気ポート 31 に吸い込まれ、それによって反応ガス流とパージガス流が効果的に分離される。この実施態様においては、パージガス流 52、53 がガス・カーテンとして機能し、反応ガス流 51 が隣接するコンパートメントに入ることを遮断される。さらに、反応ガスは、ターゲット支持エリアの間に形成された切り欠きを通してコンパートメント C5 から排出され、その結果、反応ガス流が隣接するコンパートメントに入ることを遮断される。

【0066】

図 9 は、本発明の実施態様に従ったサセプタ 1'、分離壁 3c および 3d、トップ・プレート 20'、および排気プレート 30' の略図的な（図 6 の A - B 線に沿った）部分断面図である。この実施態様においては、分離壁 3c および 3d によって画定されるコンパートメント C6 内のトップ・プレート 20' の下側表面にシャワー・プレート 40 が備えられている。このシャワー・プレート 40 が反応ガスの排出に使用されることから、分離壁 3c が反応ガスの排出のために流出孔を有する必要はない。またシャワー・プレート 40 を、パージガスのために使用することも可能である。図 12 は、本発明の実施態様に従ったシャワー・プレート 40、および分離壁 3c、3d を備えるトップ・プレート 20' の略図的な部分底面図である。シャワー・プレートは、それを通してガスを排出するための複数の孔を有している（図示せず）。シャワー・プレートは、電極として働くことも可能であり、コンパートメント C6 をプラズマ CVD 処理チャンバまたはアニール・チャンバとして使用することができる。

【0067】

分離壁 3c は、流出孔 17' を有する後側 3cB を有している。分離壁 3d は、分離壁 3c と類似の構造を有しており、流出孔 12' をもつ後側 3dB を有している。さらにこの実施態様においては、サセプタ 1' が、ターゲット 2 の周囲に形成されて反応ガス流を効果的に作り出す円形の排気ポート 33（環状スリット）を有する（図 13 ~ 15 参照）。さらに、排気プレート 30 が、円形の排気ポート 33 を通過したガスを集めて受け入れる排気ポート 39 を有する。図 13 は、本発明の実施態様に従った排気ポート 33 および排気切り欠き 6 をもつサセプタ 1' の略図的な部分平面図である。円形の排気ポート 33 は、ターゲット支持エリア（図では、ターゲット 2 に関する円形の排気ポートの位置を示すためにそれと等しくなっている）の周縁の近傍に配置される。

【0068】

10

20

30

40

50



図14は、本発明の実施態様に従った図13に示されているb-b線に沿ったサセプタ1'の略図的な部分断面図である。図15は、本発明の実施態様に従った図13に示されているa-a線に沿ったサセプタ1'の略図的な部分断面図である。円形の排気ポート33は、サセプタのトップ表面上の上側連続環状開口部33aおよび上側連続環状開口部33aより広い(たとえば、2~3倍広い)幅を有する下側の複数の開口部33bから構成される。上側連続環状開口部33aの幅は約1mmから約10mmまでの範囲内(好ましくは約2mmから約5mmまで)とすることができる。円形の排気ポートは、図14に示されている断面を有し、そこにはステップが示されている。しかしながら円形の排気ポートが段を有する必要はなく、サセプタの下側表面において、サセプタの上側表面におけるより広い開口部を有するテーパ付き表面を有することができる。別の実施態様においては、円形の排気ポートが段またはテーパ付き表面を有してなく、矩形の断面を有する。別の実施態様においては、サセプタのトップ表面において、サセプタのボトム表面におけるより広い開口部を有する。円形の排気ポートを使用することによって、より安定したガス流をコンパートメント内に作り出すことが可能になり、それによってガスの混合が効果的に防止され、ターゲット全体にわたってガスが一様に分配される。

10

#### 【0069】

図11は、図9に示されている構造の略図的な部分断面図であり、本発明の実施態様に従ったガス流の方向52、53、54、56、57、およびサセプタの回転の方向55を示している。ガス流52、53は、図10と同じとすることができる。図11においては、矢印56を用いて示されているとおり、反応ガスがシャワー・プレート40からターゲット2に向かって流れる。この反応ガスは、矢印57を用いて示されているとおり、円形の排気ポート33を通過して排気プレート30'に向かう。排気プレート30'は図10と異なる形状を有し、円形の排気ポート33を通過したガスが共通排気ポート39に向かうことが可能になるように図10より広い開口部を有する。矢印52を用いて示されているパージガスは、矢印58'を用いて示されているとおり、排気プレート30'の排気ポート31'に受け取られる。この排気プレートは、図22に示されているとおりに構成されることが可能である。言い換えると、図8および9の各排気ポート31、32、31'、39は、排気チャンネルに接続される開口部またはスリットによって構成されている。

20

#### 【0070】

分離壁の構成は、たとえば図25および26に示されているとおりの変更が可能である。図25および26のそれぞれは、本発明の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の略図的な平面図であり、それにおいてトップ・プレートは、例示目的のために省略されている。いずれの実施態様においても、各反応ガスコンパートメント(R1~R4; R1~R2)がパージガスコンパートメント(P1~P4; P1~P3)によって挟み込まれており、その結果、反応ガスがほかの反応ガスコンパートメントに入り込むことが防止できる。図26においては、プラズマCVD処理/アニール・コンパートメントRFAが形成されている。従来装置とは異なり、PEALD(プラズマ原子層蒸着)膜を堆積させるために、RFの断続的なオン/オフ操作の必要性を伴うことなくRFプラズマが連続的に生成されるコンパートメントRFA内を、処理ターゲットが通過することができる。2またはそれより多くのコンパートメントがシャワー・プレートまたは電極を備えることができる。シャワー・プレートが電極として働く必要、およびRF電源に接続される必要はない。それに対してシャワー・プレートを備えずにコンパートメント内に電極を取り付けることは可能である。

30

40

#### 【0071】

各コンパートメントのサイズは、反応のタイプ(吸収速度、反応速度等)、サセプタの回転速度等に基づいて決定されることが可能であり、各ターゲット支持エリアがコンパートメントに対応する領域内に完全に含まれ得ないようにしてもよい。通常、パージガスコンパートメントは、反応ガスコンパートメントより小さい領域を必要とする。図24において、パージガスコンパートメントP1~P3は、サセプタの中心に関する周囲角として測定したときターゲット2より小さい。たとえば中心に関するターゲット支持エリアの周

50

囲角が60°であるとき、中心に関するパージガスコンパートメントP1、P2、P3の周囲角60°より小さく、たとえば30~45°になる。ある実施態様においては、中心に関するパージガスコンパートメントの周囲角を、ターゲット支持エリアの周囲角の約20%から約90%までとすることができる(30%、50%、70%、および以上のうちの任意の2つの数の間の範囲を含む)。別の実施態様においては、コンパートメントC1およびC3をパージガスコンパートメントとし、コンパートメントC2およびC4を反応ガスコンパートメントとする図1に示されているように、中心に関するパージガスコンパートメントの周囲角をターゲット支持エリアの周囲角の約100%から約200%までとすることができる(120%、150%、180%、および以上のうちの任意の2つの数の間の範囲を含む)。

10

**【0072】**

ある実施態様においては、中心に関する反応ガスコンパートメントの周囲角をパージガスコンパートメントのそれより大きく、かつ一般に、ターゲット支持エリアの周囲角の約60%から約200%までとすることができる(80%、100%、120%、150%、および以上のうちの任意の2つの数の間の範囲を含む)。ある実施態様においては、反応ガスコンパートメントの周囲角をターゲット支持エリアの周囲角のそれより大きくすることができる。

**【0073】**

図25および26に示されている構成は、各コンパートメントのサイズに関して上記の範囲内に含まれる。図26においては、PEALDが電極として働くシャワー・プレートを使用し、一様なプラズマの生成に一様なRFの印加を必要とすることから、コンパートメントRFAが最大となっている。非プラズマALDプロセスの場合には、反応が自己飽和となることから、セグメントごとに処理をターゲットに適用することが可能であり、最低時間が満たされる限り反応時間が決定的とはならない。したがって、サセプタの中心に関して反応ガスコンパートメントがターゲットより小さい場合であっても、ターゲットの処理を効果的に行うことが可能である。

20

**【0074】**

さらに、ある実施態様においては、ターゲット支持エリア自体を回転することができる。ターゲット支持エリアの回転は、プラズマCVD等の非自己飽和反応が行われるときに効果的である。その場合においては、ターゲットに適用される処理の高い一様性を達成するために、そのコンパートメントのサイズをほかのコンパートメントのそれより大きくすることができる。ターゲット支持エリアが回転可能である場合には、そのコンパートメントが比較的小さい場合であっても高い一様性を効果的に達成することが可能になる。その場合、好ましくはターゲット支持エリアが、より良好な一様性のためにサセプタより速く回転する。ターゲット支持エリアの回転は、ALD等の自己飽和反応についても効果的である。図27は、本発明の実施態様に従った、回転するターゲット2および分離壁3を備えるサセプタ1の略図的な平面図であるが、例示目的のためにトップ・プレートが省略されている。図28は、本発明の実施態様に従った図27に示されているターゲット回転エリア202および分離壁3の略図的な横断面図である。

30

**【0075】**

ある実施態様においては、ターゲット支持エリアの回転速度を約5rpmから約400rpmまで、好ましくは約10rpmから約180rpmまでとすることができる。ある実施態様においては、ターゲット支持エリアの速度をサセプタのそれより少なくとも1.5倍速くすることができる(2倍、5倍、10倍、および以上のうちの任意の2つの数の間の範囲を含む)。別の実施態様においては、反応のタイプに応じて、ターゲット支持エリアの回転速度をサセプタのそれより低くすることができる。典型的に、サセプタの回転速度を、反応のタイプ、最低堆積時間、コンパートメントのサイズ等に応じて約2rpmから約100rpmまで、好ましくは約5rpmから約60rpmまでとすることができる。

40

**【0076】**

50

次に、ある実施態様において、処理ターゲット上にどのようにして薄膜が堆積されるかについて図面を参照しつつ説明する。この実施態様は、本発明の限定を意図するものではない。図8においては、処理ターゲット載置手段（真空ロボット等、図示せず）を使用して複数の半導体ウエハ2がサセプタ1上に配置され、上昇/下降移動手段（図23に示されているサーボ・モータ91等）を使用してサセプタ1および排気プレート30が反応位置まで上昇されている。この時点において、サセプタ1と分離壁3の間のギャップ（ ）が、たとえば0.5mmから2mmまでといった指定寸法に調整される。

**【0077】**

その後、図10に示されているとおり、特定の量の反応ガスが流出孔17から分離壁内に導入される。次に、図8および10に示されているとおり、特定の量の先駆物質Aが流出孔11からコンパートメントC5（図1におけるコンパートメントC2に対応する）内に導入される。特定の量のパージガスが流出孔12から、図1におけるパージガスコンパートメントC1およびC3内に導入され、その後、先駆物質Bが流出孔11から、図1におけるコンパートメントC4内に導入される。サセプタが、図1において反時計回りに特定の速度で回転され、薄膜を堆積するために、先駆物質Bと反応する先駆物質Aを処理ターゲットに吸着させる。このプロセスは、反応ガスコンパートメントC2から、パージガスコンパートメントC1、反応ガスコンパートメントC4、およびパージガスコンパートメントC3の順番で開始することができる。

10

**【0078】**

サセプタは、特定の膜厚が達成されるまで回転され、その後、反応ガスコンパートメントC2およびC4に対する先駆物質の供給、およびパージガスコンパートメントC1およびC3に対するパージガスの供給が停止され、サセプタが指定位置まで下降されて処理ターゲットが取り外される。

20

**【0079】**

ここで、先駆物質が導入される反応ガスコンパートメントC2およびC4を、図9および11に示されているトップ・フロー型とすることができる。図9に示されている構成について言えば、シャワー・プレート40を、必要であればRFプラズマ処理が実行可能となるようにRF電極としても働くシャワーヘッドによって置換することができる。さらに1つのパージガスコンパートメントを図9および11に示されているトップ・フロー型に適合させ、RFプラズマによるアニールを、各回転に対応する膜堆積サイクルに組み込むことも可能である。また、反応ガスコンパートメントおよび/またはパージガスコンパートメントを、図24および25に示されているとおり、処理ターゲットより小さくすることも可能である。

30

**【0080】**

サセプタの回転速度は、先駆物質の吸着速度および反応速度をはじめ、必要とされるパージ時間に依存し、それらすべての時間のうちの最長のものから決定される。堆積される膜の厚さは、サセプタが回転する回数によって制御が可能である。たとえば、先駆物質AおよびBとして、それぞれTMA（トリメチルアルミニウム）およびH<sub>2</sub>O（水）を使用するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（アルミナ）膜の堆積プロセスにおいては、先駆物質Aの供給、パージ、先駆物質Bの供給、およびパージからなるサセプタの各回転について約0.11nmの厚さの膜を堆積することが可能である。したがって、4nmの厚さの膜を堆積するためには、サセプタを36回、回転させる必要がある。

40

**【0081】**

この場合、反応空間が4つのセクションに分割され、もっとも長い時間を必要とするH<sub>2</sub>Oパージの期間が750ミリ秒に設定される。これは、サセプタ速度における20rpmに換算され、それにおいては1.8分の膜堆積時間の間に4つの半導体ウエハを処理することが可能になる。結果として得られるスループットは、時間当たり133のウエハとなる。従来方法の下においては、反応器内の先駆物質を切り替えるために追加のパージ期間が必要となることから、スループットが時間当たり約40ウエハである。本特許出願のこの実施態様においては、サセプタ上に4つのターゲットが配置される。任意の従来方法

50

の下においてコンパートメントの数を単純に4つまで増加した場合には、その種の構成が等しいスループットを達成できる。しかしながら各コンパートメントが別々のガスラインおよび排気ポンプをはじめ、RFが使用される場合には別々のRF回路を必要とし、したがって装置コストが増加する。またその種の従来構成では、シャワーヘッドに吸着される先駆物質AおよびBの反応に起因してメンテナンス周期がより短くなる。さらに、本特許出願の下においては、サセプタ上に配置ができる処理ターゲットの数が4つに限定されない。サセプタの回転速度が20rpmに限定されることもなく、使用される先駆物質AおよびBがより高い吸着速度および反応速度を有していれば、サセプタの速度をさらに上昇させることが可能である。これは、スループットにおける更なる向上を可能にする。他の図面に示されているとおり、飽和プロセスではないCVD類似プロセスを実施するためにサセプタより速い速度でウエハを回転することも可能である。

10

#### 【0082】

提案の方法の使用は、それぞれの先駆物質が専用の反応チャンバ(コンパートメント)内にだけ導入され、従来プロセスの下における生産性の減少、プロセスの不安定、および反復性の低下の主要原因であった先駆物質切り替えのための追加のページが必要ないことから生産性を向上させる。また、反応ガスのコンパートメントとページガスのコンパートメントとを交互に配置することは、先駆物質が気相で互いに混じることを防止し、それが粒子の生成を抑圧し、不要エリアにおける膜の堆積を防止し、その結果としてメンテナンス周期をより長くする。それに加えて、先駆物質が連続的に導入されることが可能であり、それがバルブ寿命を延ばし、質量流量制御器等を使用するプロセス監視を可能にする。結果として、異常等について材料供給量のオンタイム監視が可能になる。米国特許公報第2004/0221808号、同第2005/0208217号、および同第2005/0229848号は、すべてこの出願と同一の譲受人によって所有されているが、ALDプロセスについて述べており、それらの開示は、その全体が参考文献としてここに組み込まれる。

20

#### 【0083】

図29~34は、本発明の別の実施態様を示している。図29は、サセプタ301、分離壁303、排気プレート330、および側外壁340の部分断面を伴う略図的な斜視図である。サセプタ301は4つのセクションを有し、隣接するセクションは、排気切り欠き306によって分離されている。各セクションは、くぼんだ部分であるターゲット支持エリア302を有し、その中に基板が嵌め込まれる。図29からはトップ外壁が省略されているが、図30に示されるとおり、分離壁303の上方にトップ外壁321が配置される。図30は、トップ外壁321および分離壁303を示した分解概略図である。

30

#### 【0084】

トップ外壁321は、側外壁340のトップに連結されて反応チャンバをシールするようにそれが下に向かって延びている環状エッジ部分323を有する(図34参照)。図34は、サセプタ301、分離壁303、排気プレート330、側外壁340、およびトップ外壁321の部分断面を示す略図的な斜視図である。図30に示されているとおり、この実施態様においては、トップ外壁321が凹部またはグループ322を有し、その中に分離壁303が嵌め込まれてガス流チャンネルが形成される。トップ外壁321のトップ部分は、それぞれのガス流チャンネルと連通する孔361、362、363、364、365等を有し、それらの孔を介して分離壁303内のそれぞれのガス流チャンネル内に特定のガスが導入される。この実施態様においては分離壁303が十字形状であり、4つの壁またはアームが中心から放射状に延びており、そこには中心ページ・ポート304が形成されている。

40

#### 【0085】

図31は、分離壁303の略図的な斜視図である。この実施態様においては、各壁が3面(分離壁の中心から見たときに左右の角度付きの面および中央の面)の下側部分を有する。各面は、この実施態様において、長手方向と垂直な方向において実質的に同一または略同一の幅を有し、かつ直線に整列された複数の孔を有する。第1の隔壁351において

50

は、右側の傾斜角度をもつ面および中央の面は孔 3 1 1 を通るパージガス（たとえば、 $N_2$  または  $Ar$ ）の排出のために使用される。第 1 の隔壁 3 5 1 の左側の角度付きの面は、孔 3 1 2 を通る反応ガス A の排出のために使用される。第 3 の隔壁 3 5 3（第 1 の隔壁 3 5 1 の反対側）は、同一の構造を有するが、左側の角度付きの面が反応ガス B の排出のために使用される点異なる。第 2 の隔壁 3 5 2 および第 4 の隔壁 3 5 2 は、直線に整列されており、3 面がすべてパージガス（たとえば、 $N_2$  または  $Ar$ ）の排出のために使用される。中心パージ・ポート 3 0 4 もまた、パージガス（たとえば、 $N_2$  または  $Ar$ ）の排出のために使用される。

#### 【0086】

各隔壁の内側は、ガスの分離に関して 2 つのガス流チャンネルに分割してもよく、たとえば右側の角度付きの面および中央の面が互いにガスに関して連通して一方のガス流チャンネルを形成し、左側の傾斜角度をもつ面がガスに関して右側の傾斜角度をもつ面および中央の面から分離され、他方のガス流チャンネルを形成する。その場合にトップ外壁 3 2 1 は、各ガス流チャンネルについて 1 つのガス取り入れ孔を有することができる。図 3 4 において、トップ外壁 3 2 1 は、第 1 の隔壁の右側の傾斜角度をもつ面および中央の面とガスに関して連通したパージガス取り入れ孔 3 6 1、第 1 の隔壁の左側の傾斜角度をもつ面とガスに関して連通した反応ガス A 取り入れ孔 3 6 2 を有する。同様にトップ外壁 3 2 1 は、それぞれ第 2 の隔壁の右側の角度付きの面および中央の面、および第 2 の隔壁の左側の角度付きの面とガスに関して連通した 2 つのパージガス取り入れ孔 3 6 4 を有する。第 3 および第 4 の隔壁は、それぞれ第 1 および第 2 の隔壁に対応する構造を有する。図 3 4 は、第 4 の隔壁の右側の角度付きの面に接続されたパージガス取り入れ孔 3 6 3 を示している。またトップ外壁 3 2 1 は、中心パージ・ポート 3 0 4 に接続されたパージガス取り入れ孔 3 6 5 も有する。

#### 【0087】

図 3 2 は、サセプタ 3 0 1 の略図的な斜視図である。このサセプタは、放射状に 4 つのセクションに分割され、隣接するセクションが排気切り欠き 3 0 6 によって分離されている。各セクションは、基板が嵌め込まれる凹部である基板支持エリア 3 0 2 を有する。サセプタ支持部 3 0 7 は、サセプタ 3 0 1 を回転する。

#### 【0088】

図 3 3 は、排気プレート 3 3 0 の略図的な斜視図である。サセプタ支持部 3 0 7 は、排気プレート 3 3 0 の中心孔 3 3 8 を通って挿入される（図 3 4 参照）。排気プレート 3 3 0 は、放射状に 4 つのセクション 3 3 7 a、3 3 7 b、3 3 7 c、および 3 3 7 d に分割されている。各セクションは、排気チャンネルに連結された孔を有する。セクション 3 3 7 a は排気チャンネル 3 3 0 a に連結された孔 3 3 0 a' を有し、同様にセクション 3 3 7 b は排気チャンネル 3 3 0 b に連結された孔 3 3 0 b' を有する。隣接するセクションの間には、仕切片 3 6 0 が備えられている。この実施態様においては、仕切片 3 6 0 が分離壁と同様に排気ガス流を促進するように 3 面構成である。すべての仕切片 3 6 0 は、中心近傍および外周縁に沿って接続されている。

#### 【0089】

上記の実施態様において構造が特定されていない場合に、当業者であれば、この開示に照らし、日常的に実施する上でその種の構造を容易に提供できるものである。

#### 【0090】

##### 例 1

以下は、先駆物質として  $TEB$ （トリエチルボロン）、 $WF_6$ （六フッ化タングステン）、 $NH_3$ （アンモニア）を、 $Ar$  をパージガスまたは不活性ガスとして使用した  $WNC$ （窒化炭化タングステン）膜堆積の例における本発明の実施態様に従った方法および従来方法の膜堆積結果である。本発明の実施態様については図 8、17、および 24 に示されている装置が使用され、それにおいて：

#### 【0091】

ギャップ : 1 . 2 mm

10

20

30

40

50

- 【0092】  
分離壁の高さ + : 51.5 mm
- 【0093】  
トップ・プレートの厚さ : 50 mm
- 【0094】  
切り欠きの幅 : 10 mm
- 【0095】  
パージガスコンパートメントの周縁角 : 20°
- 【0096】  
反応ガスコンパートメントの周縁角 : 30° 10
- 【0097】  
パージガスおよび反応ガス用の流出孔の数 : 50
- 【0098】  
ウエハの直径 : 300 mm
- 【0099】  
中心からのパージガスの流量 : 20 sccm
- 【0100】  
コンパートメントに対するパージガスの流量 : 1000 sccm
- 【0101】  
先駆物質TEBの流量 : 400 sccm (キャリアガスN<sub>2</sub>を伴う) 20
- 【0102】  
先駆物質WF<sub>6</sub>の流量 : 15 sccm
- 【0103】  
先駆物質NH<sub>3</sub>の流量 : 400 sccm
- 【0104】  
コンパートメントP1~P3の圧力 : 200 Pa
- 【0105】  
コンパートメントR1の圧力 : 300 Pa
- 【0106】  
コンパートメントR2の圧力 : 150 Pa 30
- 【0107】  
コンパートメントR3の圧力 : 150 Pa
- 【0108】  
反応チャンバの温度 (堆積温度) : 320
- 【0109】  
比較に用いた方法 (米国特許公報第2004/0221808号、同第2005/0208217号、および同第2005/0229848号) : シャワーヘッド型、シャワーヘッド排気付き
- 【0110】  
堆積は、以下の表1に示されている条件の下に行われた。 40
- 【0111】

【表 1】

	TEB		WF <sub>6</sub>		NH <sub>3</sub>		サイクル ル時間	スループ ット*
従来方法	パルス	パージ	パルス	パージ	パルス	パージ	6.5	11 ウエハ/ 時間
	1 秒	1.5 秒	0.5 秒	1 秒	0.5 秒	2 秒		
本特許出願	20rpm						3	96 ウエハ/ 時間

\*堆積速度：0.08nm/サイクル（膜厚：4nm）

10

## 【0112】

膜堆積結果（WNC 25nm）の結果を表2に示す。

## 【0113】

【表 2】

	厚さ nm	Rs Ω/□	Rs 1σ%	抵抗率 μΩcm	粒子の増加*
従来方法	25.4	152	2.2	386.0	52
例 1	25.1	145	0.5	363.9	8

\*粒子：0.16μm以上

20

## 【0114】

表2に示されているとおり、例1においては、パージガスおよび先駆物質ガスの連続流を使用し、各反応ガスコンパートメントをパージガスコンパートメントの間に挟み込むことによって先駆物質の混合が効果的に抑制されたことから膜内の粒子汚染が有意に抑制された。さらに例1においては、膜特性の一樣性が非常に高かった。さらにまた、例1においてはスループットは従来方法の約9倍の高さであった。

## 【0115】

## 例 2

以下の例は、本発明の実施態様に従ったPEALD（プラズマALD）によるRu膜の堆積の例である。本発明のこの実施態様のために、図9、13、および26に示されている装置が使用されることを仮定し、以下に示されていない条件は例1と同一としてシミュレーションを行い、スループットを計算した：

30

## 【0116】

パージガスコンパートメントの周縁角：15°

## 【0117】

反応ガスコンパートメントの周縁角：20°

## 【0118】

RF Aコンパートメントの周縁角：90°

## 【0119】

RF出力：200W、13.56MHz

40

## 【0120】

中心からのパージガスの流量：20sccm

## 【0121】

コンパートメントに対するパージガスの流量：1000sccm

## 【0122】

先駆物質Ruの流量：400sccm（キャリアガスHeを伴う）

## 【0123】

先駆物質NH<sub>3</sub>の流量：400sccm

## 【0124】

50

コンパートメント P 1 ~ P 2 の圧力 : 2 0 0 P a

【 0 1 2 5 】

コンパートメント R 1 の圧力 : 4 0 0 P a

【 0 1 2 6 】

コンパートメント R F A の圧力 : 1 5 0 P a

【 0 1 2 7 】

反応チャンバの温度 ( 堆積温度 ) : 3 2 0

【 0 1 2 8 】

比較に用いた方法 ( 米国特許公報第 2 0 0 4 / 0 2 2 1 8 0 8 号、同第 2 0 0 5 / 0 2 0 8 2 1 7 号、および同第 2 0 0 5 / 0 2 2 9 8 4 8 号 ) : シャワーヘッド型、シャワーヘッド排気付き

【 0 1 2 9 】

堆積は、表 3 に示されている条件の下にシミュレーションされた。

【 0 1 3 0 】

【 表 3 】

従来方法	Ru*		NH <sub>3</sub>	RF	サイクル 時間	スループット*
	パルス	パーズ	フロー	オン		
	1 秒	1.5 秒	0.5 秒	2 秒	7	5 ウエハ/時間
例 2	20rpm				3	48 ウエハ/時間

\*成長速度 : 0.02nm/サイクル ( 膜厚 : 2nm)

【 0 1 3 1 】

結果として、シミュレーションは、例 2 におけるスループットが従来方法の約 1 0 倍の高さとなることを明らかにしている。

【 0 1 3 2 】

この開示において条件および / または構造が特定されていない場合に、当業者であれば、この開示に照らし、日常的に実施する上でその種の条件および / または構造を容易に提供できる。

【 0 1 3 3 】

本発明は、以上の実施態様およびそのほかの多様な実施態様を含み、それには以下が含まれる :

【 0 1 3 4 】

( 1 ) 処理ターゲットとなる半導体ウエハ上に薄膜を堆積するための装置が : 反応チャンバ、上に複数の処理ターゲットが据えられるサセプタ、およびサセプタを上下に移動するための上昇 / 下降手段 ; 中心軸周りにサセプタを回転するための回転手段 ; および反応器を複数のチャンバに分割するための壁 ; を含み、この装置は、膜の堆積時に、壁に沿って小さいギャップを形成するまでサセプタが上昇され、それによってそれぞれの反応チャンバが分離されてソースガスおよびパーズガスのチャンバが交互に提供されること、および上に処理ターゲットが配置されたサセプタ手段が回転し、処理ターゲット上に薄膜を堆積することを特徴とする。

【 0 1 3 5 】

( 2 ) ( 1 ) で記述した装置は、膜の堆積時にサセプタが上昇され、反応チャンバを複数のチャンバに分離する壁に沿って形成される小さいギャップの中に不活性ガスが導入され、その後その不活性ガスが、それぞれのチャンバを分離するために、サセプタ手段上にある壁に正対する位置に備えられた排気ポートから排出されることを特徴とする。

【 0 1 3 6 】

( 3 ) ( 2 ) で記述した装置は、不活性ガスが N<sub>2</sub>、A r、H e、または N e であることを特徴とする。

【 0 1 3 7 】

10

20

30

40

50



(4)(1)で記述した装置は、ソースガスまたはパージガスが、サセプタの回転方向において出口側の壁から導入され、入口側から排出されることを特徴とする。

【0138】

(5)(1)で記述した装置は、ソースガスまたはパージガスが、壁によって分割される空間の上方から導入され、サセプタ上の各処理ターゲットの外周縁に備えられた排気ポートから排出されることを特徴とする。

【0139】

(6)(1)で記述した装置は、サセプタの回転によって、壁によって分割された、処理ターゲットより小さいチャンバを処理ターゲットが通過する間にソースガスが吸着および/または反応またはパージされることを特徴とする。

【0140】

(7)(1)で記述した装置は、サセプタが連続的に回転することを特徴とする。

【0141】

(8)(1)で記述した装置は、膜を堆積するため、またはアニール効果を提供するために、壁によって分割された1つまたはそれより多くのチャンバにRFプラズマが印加されることを特徴とする。

【0142】

(9)(1)で記述した装置は、サセプタと壁の間の小さいギャップによって形成されるチャンバが、圧力測定手段および圧力コントロール手段によって別々に圧力制御されることを特徴とする。

【0143】

(10)(9)で記述した装置は、各チャンバの圧力が、それぞれのソースガスが互いに気相で混じらない方法で設定されることを特徴とする。

【0144】

(11)(1)で記述した装置は、RFの断続的なオン/オフ操作を必要とすることなくPEALD膜を堆積するために、処置ターゲットがサセプタの回転によって、RFプラズマが連続的に生成されているRFプラズマ・チャンバ内に通されることを特徴とする。

【0145】

(12)(1)で記述した装置は、サセプタの回転速度より速い速度で処理ターゲットが回転して膜が堆積されることを特徴とする。

【0146】

当業者は理解することになるが、本発明の精神から逸脱することなしに多くの多様な変更が行われ得る。したがって、本発明の形式は例示のみに過ぎず、本発明の範囲の限定を意図しないことが明確に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0147】

【図1】本発明の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略図的な平面図である。

【図2】本発明の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略図的な正面図である。

【図3】本発明の実施態様に従った分離壁3の略図的な部分斜視図である。

【図4】本発明の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略図的な斜視図である。

【図5】本発明の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された、部分拡大図を伴う断面図である。

【図6】本発明の実施態様に従ったサセプタ1および分離壁3の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された、図7の断面の位置を示した略図的な平面図である。

【図7】本発明の実施態様に従った分離壁3およびトップ・プレート20の、略図的な(図6のA-B線に沿った)部分断面斜視図である。

【図8】本発明の実施態様に従ったサセプタ1、分離壁3aおよび3b、トップ・プレー

10

20

30

40

50

ト 20、および排気プレート 30 の略示的な ( 図 6 の A - B 線に沿った ) 部分断面図である。この図は縮尺を考慮していない。

【図 9】本発明の実施態様に従ったサセプタ 1'、分離壁 3c および 3d、トップ・プレート 20'、および排気プレート 30' の略示的な ( 図 6 の A - B 線に沿った ) 部分断面図である。この図は縮尺を考慮していない。

【図 10】本発明の実施態様に従ったガス流の方向 51、52、53、54、およびサセプタの回転の方向 55 を示した図 8 に示されている構造の略示的な部分断面図である。

【図 11】本発明の実施態様に従ったガス流の方向 52、53、54、56、57、およびサセプタの回転の方向 55 を示した図 9 に示されている構造の略示的な部分断面図である。

【図 12】本発明の実施態様に従ったシャワー・プレート 40 ( 電極としても働く ) および分離壁 3c、3d を備えるトップ・プレート 20' の略示的な部分底面図である。

【図 13】本発明の実施態様に従った円形の排気ポート 33 および排気切り欠き 6 を備えるサセプタ 1' の略示的な部分平面図である。

【図 14】本発明の実施態様に従った図 13 に示されている b - b 線に沿ったサセプタ 1' の略示的な部分断面図である。

【図 15】本発明の実施態様に従った図 13 に示されている a - a 線に沿ったサセプタ 1' の略示的な部分断面図である。

【図 16】本発明の実施態様に従ったサセプタ 101、トップ・プレート 120、トップ外壁 121、分離壁 103、排気プレート 130、および側方外壁 140 の部分断面図を伴った略示的な斜視図である。

【図 17】本発明の実施態様に従った分離壁 3a、3b、3c、3d についての配管を示した概略図である。

【図 18】本発明の実施態様に従った装置内のガスの流れを示した、分離壁 3a と 3b の間の角度 ( 45° ) が仮想的に 180° に展開した略示的な仮想断面図である。

【図 19】本発明の実施態様に従った図 18 に示されている c - c 線に沿った排気システムの略示的な断面図である。

【図 20】本発明の実施態様に従った図 18 に示されているサセプタ 1 の略示的な平面図である。

【図 21】本発明の実施態様に従った図 18 に示されている排気プレート 30 の略示的な平面図である。

【図 22】本発明の実施態様に従った図 21 に示されている排気プレート 30 の略示的な斜視図である。

【図 23】本発明の実施態様に従った装置の略示的な仮想断面図である。

【図 24】本発明の実施態様に従ったサセプタ 1 および分離壁 3 の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略示的な平面図である。

【図 25】本発明の実施態様に従ったサセプタ 1 および分離壁 3 の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略示的な平面図である。

【図 26】本発明の実施態様に従ったサセプタ 1 および分離壁 3 の、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略示的な平面図である。

【図 27】本発明の実施態様に従ったサセプタ 1 の、回転するターゲット 2 および分離壁 3 を備える、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略示的な平面図である。

【図 28】本発明の実施態様に従ったサセプタ 1 の、図 27 に示されているターゲット回転エリア 202 および分離壁 3 を示す、例示目的のためにトップ・プレートが省略された略示的な横断面図である。

【図 29】本発明の実施態様に従ったサセプタ 301、分離壁 303、排気プレート 330、および側外壁 340 の部分断面を伴う略示的な斜視図である。

【図 30】本発明の実施態様に従ったトップ外壁 321 および分離壁 303 を示した分解概略図である。

【図 31】本発明の実施態様に従った分離壁 303 の略示的な斜視図である。

10

20

30

40

50

【図32】本発明の実施態様に従ったサセプタ301の略図的な斜視図である。

【図33】本発明の実施態様に従った排気プレート330の略図的な斜視図である。

【図34】本発明の実施態様に従ったサセプタ301、分離壁303、排気プレート330、側外壁340、およびトップ外壁321の部分断面を示す略図的な斜視図である。

【符号の説明】

【0148】

- |             |                 |    |
|-------------|-----------------|----|
| 1           | サセプタ            |    |
| 1'          | サセプタ            |    |
| 2           | ターゲット(半導体ウエハ)   |    |
| 3           | 分離壁             | 10 |
| 3a          | 分離壁             |    |
| 3aB         | 後側              |    |
| 3aF         | 前側              |    |
| 3b          | 分離壁             |    |
| 3bB         | 後側              |    |
| 3bF         | 前側              |    |
| 3c          | 分離壁             |    |
| 3cB         | 後側              |    |
| 3d          | 分離壁             |    |
| 3dB         | 後側              | 20 |
| 4           | 中心バージ・ポート       |    |
| 5           | 流出孔             |    |
| 6           | 切り欠き            |    |
| 7           | サセプタ支持部(シャフト)   |    |
| 10          | 管状出口            |    |
| 11          | 流出孔             |    |
| 12          | 流出孔             |    |
| 12'         | 流出孔             |    |
| 13、14、15、16 | マニフォールド         |    |
| 17          | 流出孔             | 30 |
| 17'         | 流出孔             |    |
| 18          | 流出孔             |    |
| 20          | トップ・プレート        |    |
| 20'         | トップ・プレート        |    |
| 30          | 排気プレート          |    |
| 30'         | 排気プレート          |    |
| 30a~30d     | 排気チャンネル         |    |
| 31          | 排気ポート           |    |
| 31'         | 排気ポート           |    |
| 32          | 排気ポート           | 40 |
| 33          | 排気ポート(円形の排気ポート) |    |
| 33a         | 上側連続環状開口部       |    |
| 36a         | 圧力センサ           |    |
| 36b         | 圧力センサ           |    |
| 37a~37d     | 開口部(排気ポート)      |    |
| 38          | 貫通孔             |    |
| 39          | 排気ポート           |    |
| 40          | シャワー・プレート       |    |
| 61          | 孔               |    |
| 62          | 孔               | 50 |

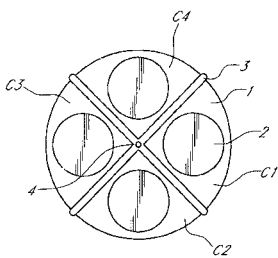
6 3	孔	
6 4	孔	
7 1	M F C	
7 2	M F C	
7 3	質量流量制御器 ( M F C )	
7 4	バルブ	
7 5	バルブ	
7 6	バルブ	
8 1	ライン	
8 2	ライン	10
8 3	ライン	
9 1	サーボ・モータ	
9 2	ベローズ	
9 3 a	ベローズ	
9 3 b	ベローズ	
9 4 a	排気パイプ	
9 4 b	排気パイプ	
9 5	磁気シール	
9 6	排気部	
1 0 0	反応空間	20
1 0 1	サセプタ	
1 0 3	分離壁	
1 0 4	中心パージ・ポート	
1 0 5	流出孔	
1 0 7	サセプタ支持部	
1 2 0	トップ・プレート	
1 2 1	外壁 ( トップ外壁 )	
1 3 0	排気プレート	
1 4 0	外壁 ( 側方外壁 )	
2 0 2	ターゲット回転エリア	30
3 0 1	サセプタ	
3 0 2	ターゲット支持エリア ( 基板支持エリア )	
3 0 3	分離壁	
3 0 4	中心パージ・ポート	
3 0 6	排気切り欠き	
3 0 7	サセプタ支持部	
3 1 1	孔	
3 1 2	孔	
3 2 1	トップ外壁	
3 2 2	グループ	40
3 2 3	環状エッジ部分	
3 3 0	排気プレート	
3 3 0 a	排気チャンネル	
3 3 0 a '	孔	
3 3 0 b	排気チャンネル	
3 3 0 b '	孔	
3 3 7 a	セクション	
3 3 7 b	セクション	
3 3 7 c	セクション	
3 3 7 d	セクション	50

- 3 3 8 中心孔
- 3 4 0 側外壁
- 3 5 1 第 1 の 隔 壁
- 3 5 2 第 2 の 隔 壁
- 3 5 3 第 3 の 隔 壁
- 3 5 4 第 4 の 隔 壁
- 3 6 0 仕 切 片
- 3 6 1 孔 ( パージガス 取 り 入 れ 孔 )
- 3 6 2 孔 ( 反 応 ガス A 取 り 入 れ 孔 )
- 3 6 3 孔 ( パージガス 取 り 入 れ 孔 )
- 3 6 4 孔 ( パージガス 取 り 入 れ 孔 )
- 3 6 5 孔 ( パージガス 取 り 入 れ 孔 )
- A ソースガス
- B ソースガス
- C 1 ~ C 4 コンパートメント
- C 5 コンパートメント
- C 6 コンパートメント
- P 1 ~ P 3 パージガスコンパートメント
- P 1 ~ P 4 パージガスコンパートメント
- R 1 ~ R 3 反 応 ガス コンパートメント
- R 1 ~ R 4 反 応 ガス コンパートメント
- R F A プラズマ C V D 処 理 / ア ニール ・ コンパートメント ; コンパートメント

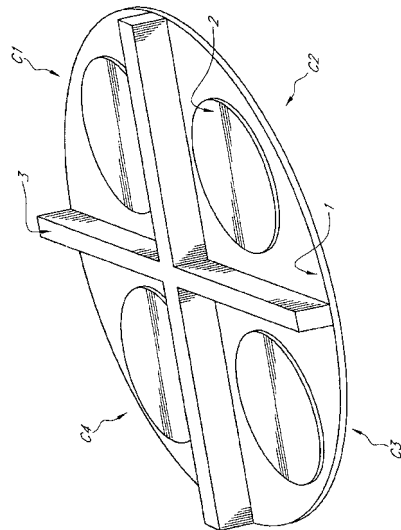
10

20

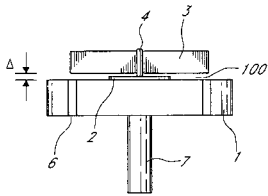
【 図 1 】



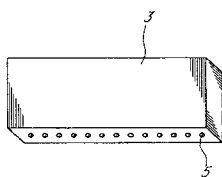
【 図 4 】



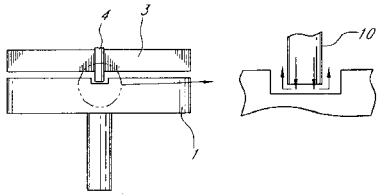
【 図 2 】



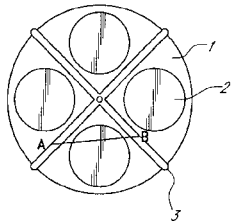
【 図 3 】



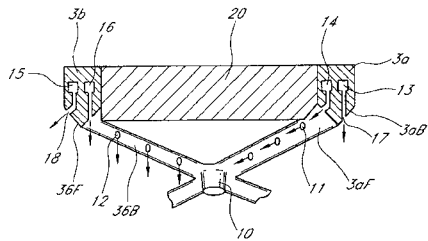
【 図 5 】



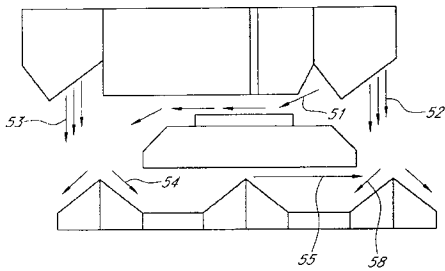
【 図 6 】



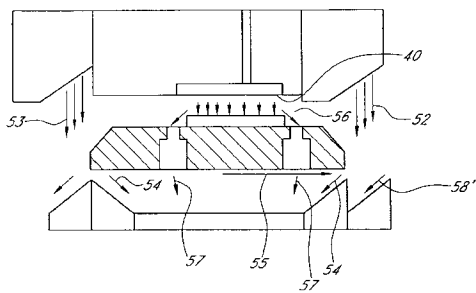
【 図 7 】



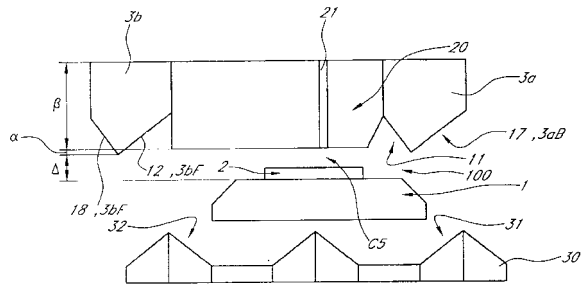
【 図 10 】



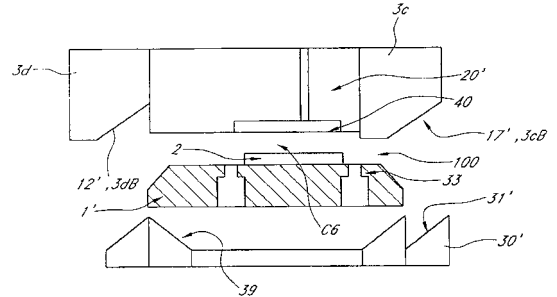
【 図 11 】



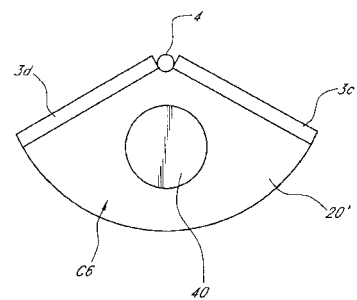
【 図 8 】



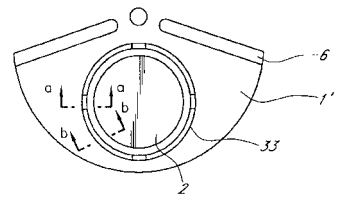
【 図 9 】



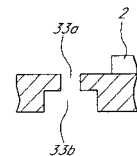
【 図 12 】



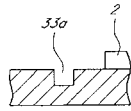
【 図 13 】



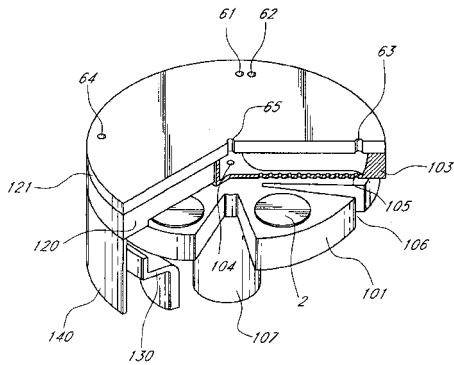
【 図 14 】



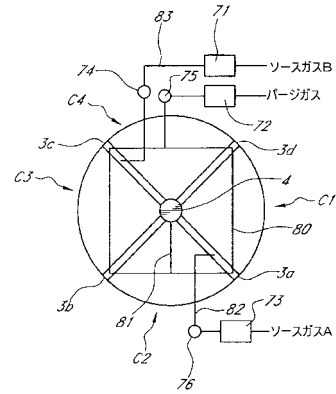
【図15】



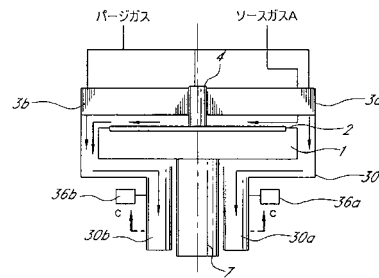
【図16】



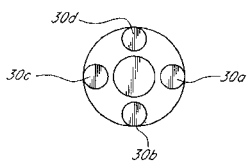
【図17】



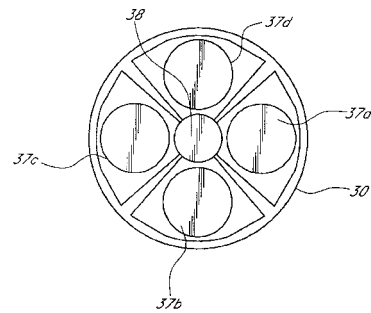
【図18】



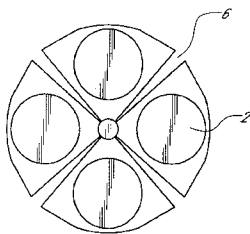
【図19】



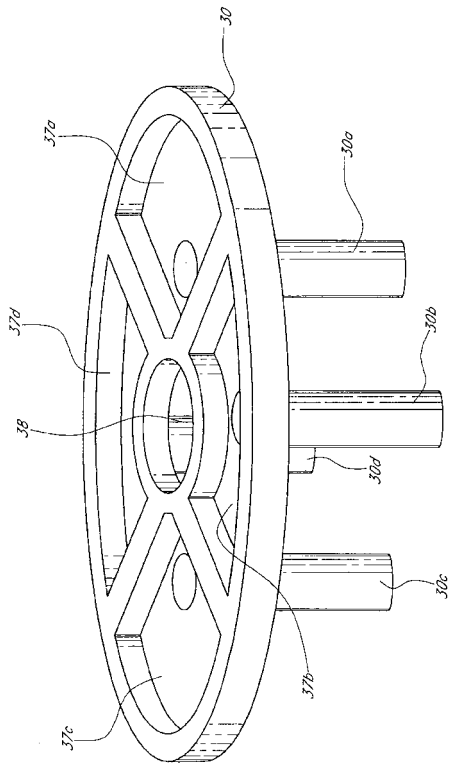
【図21】



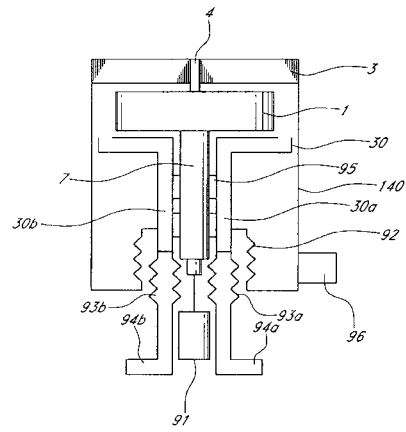
【図20】



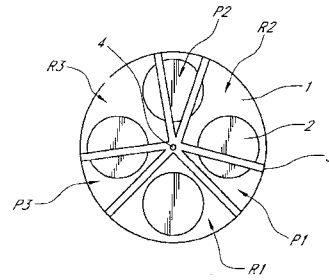
【 2 2 】



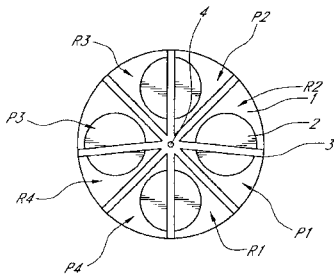
【 2 3 】



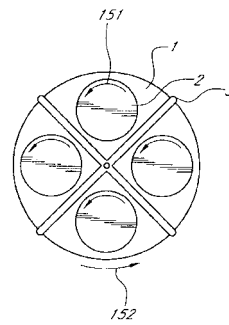
【 2 4 】



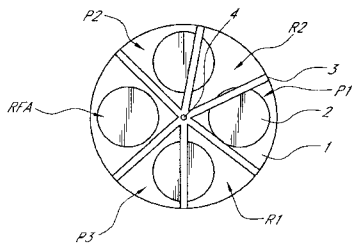
【 2 5 】



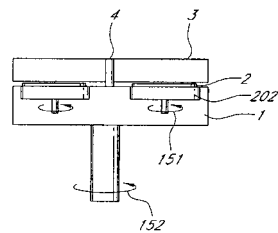
【 2 7 】



【 2 6 】

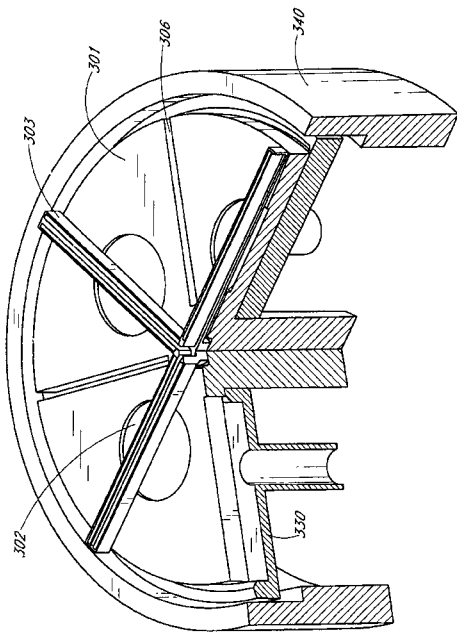


【 2 8 】

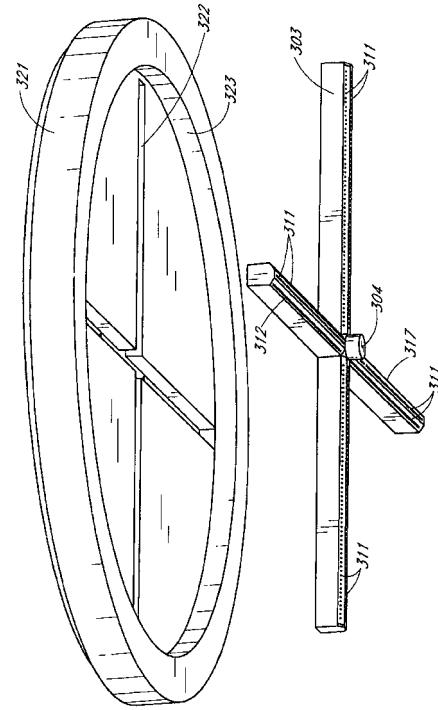




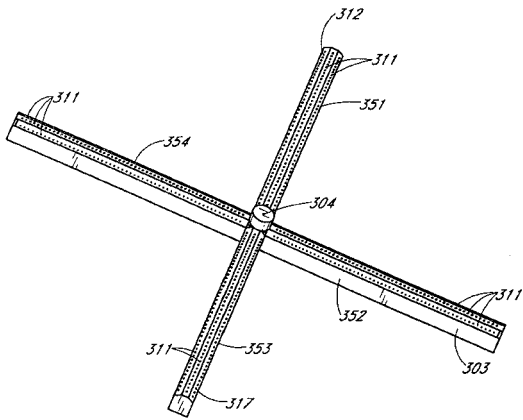
【 図 2 9 】



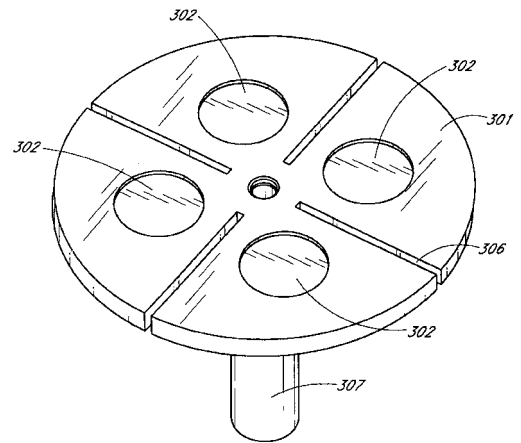
【 図 3 0 】



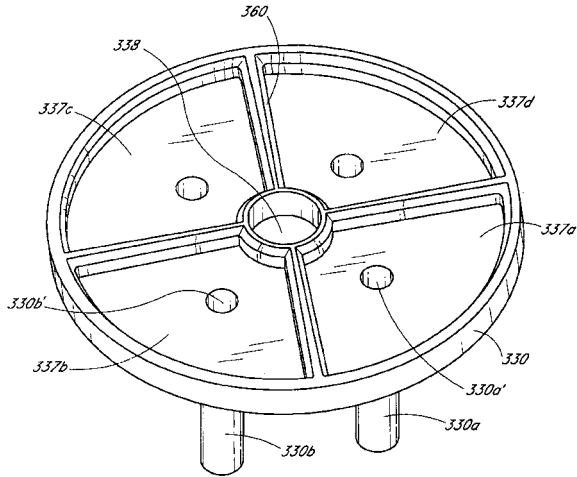
【 図 3 1 】



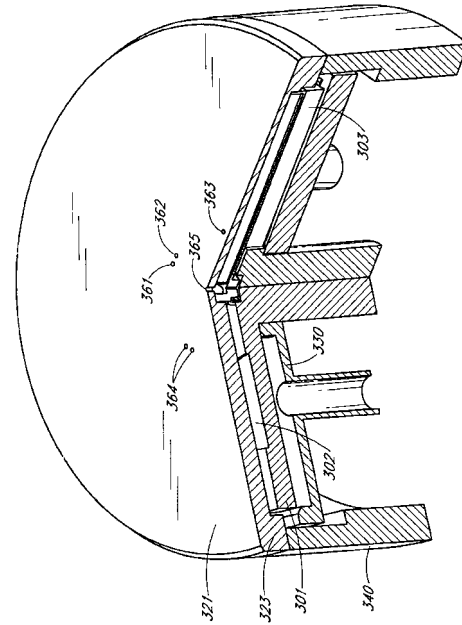
【 図 3 2 】



【図 33】



【図 34】



## 【手続補正書】

【提出日】平成19年5月16日(2007.5.16)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0057】

図17においては、サセプタ支持部7がサセプタを反時計回りに回転する。ソースガスAがMFC(質量流量制御器)73およびバルブ76を通り、ライン82を經由して分離壁3aに導入される。ソースガスAは、分離壁3aからコンパートメントC2に向かって、図7に示されているような傾斜付きの角度で排出される。言い換えると、ソースガスAは、サセプタ回転方向に抗する方向に導入される。ソースガスBは、MFC71およびバルブ74を通り、ライン83を經由して分離壁3cに導入される。ソースガスBは、分離壁3cからコンパートメントC4に向かって、図7に示されているような傾斜角度をもって排出される。パージガスは、MFC72およびバルブ75を通り、ライン80、81を經由して分離壁3a~3dおよび中心パージ・ポート4に導入される。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0071】

各コンパートメントのサイズは、反応のタイプ(吸着速度、反応速度等)、サセプタの回転速度等に基づいて決定されることが可能であり、各ターゲット支持エリアがコンパー

トメントに対応する領域内に完全に含まれ得ないようにしてもよい。通常、パージガスコンパートメントは、反応ガスコンパートメントより小さい領域を必要とする。図24において、パージガスコンパートメントP1～P3は、サセプタの中心に関する周囲角として測定したときターゲット2より小さい。たとえば中心に関するターゲット支持エリアの周囲角が60°であるとき、中心に関するパージガスコンパートメントP1、P2、P3の周囲角60°より小さく、たとえば30～45°になる。ある実施態様においては、中心に関するパージガスコンパートメントの周囲角を、ターゲット支持エリアの周囲角の約20%から約90%までとすることができる(30%、50%、70%、および以上のうちの任意の2つの数の間の範囲を含む)。別の実施態様においては、コンパートメントC1およびC3をパージガスコンパートメントとし、コンパートメントC2およびC4を反応ガスコンパートメントとする図1に示されているように、中心に関するパージガスコンパートメントの周囲角をターゲット支持エリアの周囲角の約100%から約200%までとすることができる(120%、150%、180%、および以上のうちの任意の2つの数の間の範囲を含む)。

【**手続補正3**】

【**補正対象書類名**】明細書

【**補正対象項目名**】0085

【**補正方法**】変更

【**補正の内容**】

【**0085**】

図31は、分離壁303の略図的な斜視図である。この実施態様においては、各壁が3面(分離壁の中心から見たときに左右の角度付きの面および中央の面)の下側部分を有する。各面は、この実施態様において、長手方向と垂直な方向において実質的に同一または略同一の幅を有し、かつ直線に整列された複数の孔を有する。第1の隔壁351においては、右側の傾斜角度をもつ面および中央の面は孔311を通るパージガス(たとえば、 $N_2$ またはAr)の排出のために使用される。第1の隔壁351の左側の角度付きの面は、孔312を通る反応ガスAの排出のために使用される。第3の隔壁353(第1の隔壁351の反対側)は、同一の構造を有するが、左側の角度付きの面が反応ガスBの排出のために使用される点異なる。第2の隔壁352および第4の隔壁354は、直線に整列されており、3面がすべてパージガス(たとえば、 $N_2$ またはAr)の排出のために使用される。中心パージ・ポート304もまた、パージガス(たとえば、 $N_2$ またはAr)の排出のために使用される。

【**手続補正4**】

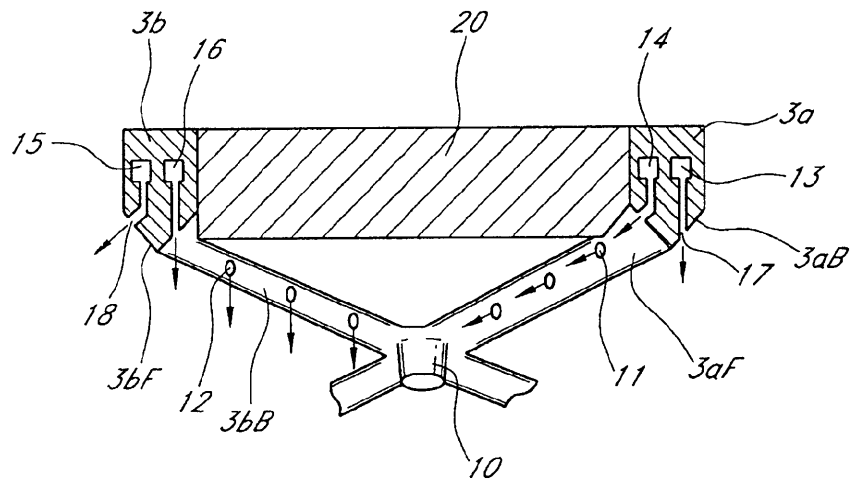
【**補正対象書類名**】図面

【**補正対象項目名**】図7

【**補正方法**】変更

【**補正の内容**】

【 図 7 】



## フロントページの続き

(72)発明者 ウォンヤン・コー

大韓民国 3 3 0 - 8 1 6、チュンチェオンナム - ドー、チェオンナム - シ、ジクサン - エウブ、サ  
メウン - リ、チュン - アンヴァレー 5 1 4、スンコン - クワン 1 ドン、エー・エス・エム・ジ  
ェニテック・コリア内

(72)発明者 ヒュウンサン・バク

大韓民国 3 3 0 - 8 1 6、チュンチェオンナム - ドー、チェオンナム - シ、ジクサン - エウブ、サ  
メウン - リ、チュン - アンヴァレー 5 1 4、スンコン - クワン 1 ドン、エー・エス・エム・ジ  
ェニテック・コリア内

(72)発明者 ヨウン - ダック・タク

大韓民国 3 3 0 - 8 1 6、チュンチェオンナム - ドー、チェオンナム - シ、ジクサン - エウブ、サ  
メウン - リ、チュン - アンヴァレー 5 1 4、スンコン - クワン 1 ドン、エー・エス・エム・ジ  
ェニテック・コリア内

F ターム(参考) 4K030 AA04 AA09 AA11 AA13 BA20 BA41 BA43 CA04 CA12 EA01  
EA06 EA11 FA03 GA02 GA06 JA03 KA12 KA17 LA15  
5F045 AA08 AA15 AB31 AB39 DP15 DP27 DP28 DQ12 EC01 EE12  
EE14 EE20 EF05 EF14 EF20 EM02 EM10

【外国語明細書】

ASMJP.192CP1

PATENT

**Semiconductor-Processing Apparatus with Rotating Susceptor**Cross-Reference to Related Applications

**[0001]** This is a continuation-in-part of U.S. Patent Application No. 11/376,048, filed March 15, 2006, the disclosure of which is incorporated herein by reference in its entirety.

Background of the InventionField of the Invention

**[0002]** The present invention generally relates to a film deposition apparatus and method for depositing thin film by atomic layer chemical vapor deposition (ALCVD), for example, on a processing target such as a semiconductor wafer.

Description of the Related Art

**[0003]** In line with the growing needs for semiconductor apparatuses capable of handling more highly integrated circuits, the ALCVD (atomic layer CVD) method, which achieves better controllability for thin film deposition than the conventional CVD (chemical vapor deposition) method, is drawing the attention. Prior technologies in this field include U.S. Patent No. 6,572,705, No. 6,652,924, No. 6,764,546, and No. 6,645,574. In ALCVD, reactant gases A and B used for film deposition (not limited to two gases, but multiple gases such as A, B, C and D can be used and switched in accordance with the type of film to be deposited) are alternately adsorbed to the processing target and only the adsorbed layers are used to deposit film. For this reason, this method allows thin film to be deposited from several molecules in a controlled state, and stepped sections can also be coated effectively (good step coverage).

**[0004]** In implementing this ALCVD process, completely discharging the remaining gas from the reactor before switching from gas A to gas B, or vice versa, is important. Also, the valve tends to reach its life quickly because it must be opened/closed frequently in order to switch between source gas and purge gas. Furthermore, mass-flow control and other conventional flow control means cannot be used because of the requirement for high-speed gas switching, which inhibits on-time process monitoring. If gas remains inside the reactor, CVD reaction occurs in the vapor phase, which in turn makes it difficult to

control film thickness on the molecular layer level. Also, reaction in the vapor phase generates larger grains that become unwanted particles. Traditionally, a long purge time has been required to completely discharge remaining gas A or B from the reactor, which reduces productivity.

**[0005]** On the other hand, a method to deposit film by placing multiple processing targets on a stage and then rotating the stage while moving it to underneath multiple showerheads has been proposed in order to improve productivity (U.S. Patent No. 6,902,620B1). However, this method requires that the interior of showerheads that are shared by precursors A and B and thus having a lot of dead space be purged for a long period. In the patent, a similar method allowing precursors A and B to occupy separate showerheads is also proposed. In this case, however, division by means of gas curtains cannot prevent the chemical reaction between precursors A and B that are positioned side by side, and particles generate as a result. Moreover, this method requires the reaction chamber to be larger than the processing target, which means that the apparatus size must be increased if three, four or more types of precursors are used.

**[0006]** Another problem presented by conventional methods is the need for high-speed, repeated on/off switching of RF plasma under PEALD, where the on period must be at least one second long, or preferably two seconds, in order to stabilize plasma. Because of the matching circuit that automatically adjusts the change in chamber impedance, to meet this requirement a variable capacitor must be moved immediately after RF plasma is turned on in order to find a stable point, which presents a bottleneck in the repeated on/off process.

**[0007]** Additionally, methods in which an exhaust valve is attached to the showerhead have been proposed to improve the purge efficiency in dead space (e.g., U.S. Patent Publication No. 2004/0221808, No. 2005/0208217, and No. 2005/0229848, all of which are owned by the same assignee as in this application). However, in some cases, they may not provide sufficient effectiveness.

#### Summary of the Invention

**[0008]** Consequently, in an aspect, an object of the present invention is to provide an apparatus which can solve one or more of the above problems. In an embodiment, the apparatus for depositing thin film on a processing target such as a semiconductor wafer

comprises: a reaction chamber; a susceptor for placing multiple processing targets thereon which is movable up and down and rotatable around its center axis; and isolation walls that divide the reaction chamber into multiple chambers (compartments) including source gas chambers and purge gas chambers, wherein when the susceptor is raised for film deposition, a small gap is created between the susceptor and the isolation walls, thereby establishing gaseous separation between the respective chambers, wherein each source gas chamber and each purge gas chamber are provided alternately in a susceptor-rotating direction of the susceptor. The susceptor on which the multiple targets are placed is rotated while continuously alternating the steps of adsorption of source gas A, purge, reaction of adsorbed source gas A with source gas B, and purge, so as to deposit thin film on each target.

**[0009]** In the above, each target need not stand still in the susceptor-rotating direction in each compartment while processing the target. While the target is continuously moving in the susceptor-rotating direction, the target receives designated treatment at each compartment. The rotating speed of the susceptor (i.e., the moving speed of each target in the circumferential direction of the susceptor) may be determined from the adsorption speeds and reaction speeds of precursors used as well as the required purge times. In an embodiment of ALD film deposition, the longest of the aforementioned time parameters can be used as the rotating speed. Since the ALD film deposition process is a self-saturation reaction, there is no need to stop the rotating susceptor or change the rotating speed to suit each optimal time.

**[0010]** In an embodiment, the susceptor temperature may be controlled in a range of about 50°C to about 500°C, depending on the adsorption and decomposition temperatures of the types of gases used. In an embodiment, the showerhead temperature (the temperature of the compartments) may also be controlled in a range of about 50°C to about 500°C. In an embodiment, the small gap formed between the walls and the susceptor raised during film deposition may be set in a range of about 0.5 mm to about 2 mm. In an embodiment, the apparatus is configured to introduce inactive gas from multiple gas inlets provided along the bottom of these walls and then discharge the inactive gas from exhaust ports provided in the susceptor, in order to more completely separate the respective reaction chambers. In the present invention, in an embodiment, "separation" means substantial gaseous separation which need not be complete physical separation. In another embodiment, "separation" may



include pressure separation, temperature separation (when a shower plate is used), or electrical separation.

**[0011]** In an embodiment, multiple chambers may comprise alternately positioned source gas and purge gas chambers, so that the film deposition result will not be affected even when some source gas leaks to the adjacent chambers. Also, adsorption and/or reaction of each source gas can be separately controlled to an optimal pressure. If the source gas chambers are not provided side by side but separated by a purge gas chamber, stable control is possible even when the settings generate pressure differences among the source gas chambers.

**[0012]** In an embodiment, the targets themselves can also be rotated faster than the susceptor, in order to implement a CVD-like process that is not a self-saturation process.

**[0013]** Each wall-divided chamber need not be of the same size. Even when each chamber is smaller than the processing target, source gas adsorption and/or reaction or purge can be implemented while the processing target passes through the reaction chamber by means of susceptor rotation.

**[0014]** According to at least one of the embodiments described above, extra purge for switching source gases is not needed, because each source gas flows into a designated separate chamber. Since the surface of the processing target can be purged by means of susceptor rotation while the processing target passes through the purge chamber, the purge process can complete by the time the target is exposed to the next source gas. This realizes significant improvement in productivity. Furthermore, in at least one of the embodiments described above, the source gases do not mix in the vapor phase, which suppresses particle generation and improves the uniformity of film thickness. In addition, the maintenance cycles can be prolonged because only the source gas adsorbed by the susceptor causes reaction and thus unnecessary film deposition is prevented. Moreover, in at least one of the embodiments described above, high-speed gas switching is no longer necessary, which extends the valve life and enables on-time monitoring of source gas flow rates using mass-flow control for abnormality, thereby providing a stable production apparatus.

**[0015]** In all of the aforesaid embodiments, any element used in an embodiment can interchangeably or additionally be used in another embodiment unless such a replacement

is not feasible or causes adverse effect. Further, the present invention can equally be applied to apparatuses and methods. The present invention can be applied to both apparatus and method.

**[0016]** For purposes of summarizing the invention and the advantages achieved over the related art, certain objects and advantages of the invention have been described above. Of course, it is to be understood that not necessarily all such objects or advantages may be achieved in accordance with any particular embodiment of the invention. Thus, for example, those skilled in the art will recognize that the invention may be embodied or carried out in a manner that achieves or optimizes one advantage or group of advantages as taught herein without necessarily achieving other objects or advantages as may be taught or suggested herein.

**[0017]** Further aspects, features and advantages of this invention will become apparent from the detailed description of the preferred embodiments which follow.

#### Brief Description of the Drawings

**[0018]** These and other features of this invention will now be described with reference to the drawings of preferred embodiments which are intended to illustrate and not to limit the invention. The drawings are oversimplified for illustrative purposes and are not to scale.

**[0019]** FIG. 1 is a schematic top view of a susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

**[0020]** FIG. 2 is a schematic front view of a susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

**[0021]** FIG. 3 is a schematic segmental perspective view of an isolation wall 3 according to an embodiment of the present invention.

**[0022]** FIG. 4 is a schematic perspective view of a susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0023] FIG. 5 is a cross sectional view with a partially enlarged view of a susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0024] FIG. 6 is a schematic top view of a susceptor 1 and isolation walls 3 showing a position of a cross section shown in FIG. 7 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0025] FIG. 7 is a schematic segmental cross sectional (taken along line A-B in FIG. 6) and perspective view of isolation walls 3 and a top plate 20 according to an embodiment of the present invention.

[0026] FIG. 8 is a schematic segmental cross sectional view (taken along line A-B in FIG. 6) of a susceptor 1, isolation walls 3a and 3b, a top plate 20, and an exhaust plate 30 according to an embodiment of the present invention. The drawing is not to scale.

[0027] FIG. 9 is a schematic segmental cross sectional view (taken along line A-B in FIG. 6) of a susceptor 1', isolation walls 3c and 3d, a top plate 20', and an exhaust plate 30' according to an embodiment of the present invention. The drawing is not to scale.

[0028] FIG. 10 is a schematic segmental cross sectional view of the structures shown in FIG. 8, which shows the directions of gas flow 51, 52, 53, 54, and the direction of susceptor rotation 55 according to an embodiment of the present invention.

[0029] FIG. 11 is a schematic segmental cross sectional view of the structures shown in FIG. 9, which shows the directions of gas flow 52, 53, 54, 56, 57, and the direction of susceptor rotation 55 according to an embodiment of the present invention.

[0030] FIG. 12 is a schematic segmental bottom view of a top plate 20' with a shower plate 40 (also serving as an electrode) and isolation walls 3c, 3d according to an embodiment of the present invention.

[0031] FIG. 13 is a schematic segmental top view of a susceptor 1' with a circular exhaust port 33 and exhaust cutouts 6 according to an embodiment of the present invention.

[0032] FIG. 14 is a schematic segmental cross sectional view of the susceptor 1' taken along line b-b shown in FIG. 13 according to an embodiment of the present invention.

[0033] FIG. 15 is a schematic segmental cross sectional view of the susceptor 1' taken along line a-a shown in FIG. 13 according to an embodiment of the present invention.

[0034] FIG. 16 is a schematic perspective view with partial cross sections of a susceptor 101, a top plate 120, a top outer wall 121, an isolation wall 103, an exhaust plate 130, and a side outer wall 140 according to an embodiment of the present invention.

[0035] FIG. 17 is a schematic diagram showing piping of isolation walls 3a, 3b, 3c, 3d according to an embodiment of the present invention.

[0036] FIG. 18 is an imaginary schematic cross sectional view showing gas flows in an apparatus according to an embodiment of the present invention, wherein the angle ( $45^\circ$ ) between the isolation walls 3a and 3b is imaginarily expanded to  $180^\circ$ .

[0037] FIG. 19 is a schematic cross sectional view of the exhaust systems taken along line c-c shown in FIG. 18 according to an embodiment of the present invention.

[0038] FIG. 20 is a schematic top view of the susceptor 1 shown in FIG. 18 according to an embodiment of the present invention.

[0039] FIG. 21 is a schematic top view of the exhaust plate 30 shown in FIG. 18 according to an embodiment of the present invention.

[0040] FIG. 22 is a schematic perspective view of the exhaust plate 30 shown in FIG. 21 according to an embodiment of the present invention.

[0041] FIG. 23 is a schematic imaginary cross sectional view of an apparatus according to an embodiment of the present invention.

[0042] FIG. 24 is a schematic top view of a susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0043] FIG. 25 is a schematic top view of a susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0044] FIG. 26 is a schematic top view of a susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0045] FIG. 27 is a schematic top view of a susceptor 1 with rotating targets 2 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0046] FIG. 28 is a schematic cross sectional side view of the susceptor 1 with target-rotating areas 202 and the isolation walls 3 shown in FIG. 27 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes.

[0047] FIG. 29 is a schematic perspective view with partial cross sections of a susceptor 301, an isolation wall 303, an exhaust plate 330, and a side outer wall 340 according to an embodiment of the present invention.

[0048] FIG. 30 is a schematic view showing a top outer wall 321 and the isolation wall 303 when they are disassembled according to an embodiment of the present invention.

[0049] FIG. 31 is a schematic perspective view of the isolation wall 303 according to an embodiment of the present invention.

[0050] FIG. 32 is a schematic perspective view of the susceptor 301 according to an embodiment of the present invention.

[0051] FIG. 33 is a schematic perspective view of the exhaust plate 330 according to an embodiment of the present invention.

[0052] FIG. 34 is a schematic perspective view with partial cross sections of the susceptor 301, the isolation wall 303, the exhaust plate 330, the side outer wall 340, and the top outer wall 321 according to an embodiment of the present invention.

#### Detailed Description of the Preferred Embodiment

[0053] The present invention will be explained in detail with reference to preferred embodiments and drawings. However, the preferred embodiments and the drawings are not intended to limit the present invention.

[0054] The present invention can be practiced in various ways including, but not limited to, the following embodiments, wherein numerals used in the drawings are used solely for the purpose of ease in understanding of the embodiments which should not be limited to the numerals. Further, in the present specification, different terms or names may be assigned to the same element, and in that case, one of the different terms or names may functionally or structurally overlap or include the other or be used interchangeably with the other.

[0055] In an embodiment, a semiconductor-processing apparatus comprises: (i) a reaction space (e.g., 100); (ii) a susceptor (e.g., 1, 1', 101) having multiple target-supporting

areas thereon and disposed inside the reaction space for placing multiple semiconductor targets (e.g., 2) each on the target-supporting areas, said susceptor being movable between an upper position and a lower position in its axial direction and being rotatable around its axis when at the upper position; and (iii) multiple compartments (e.g., C1-C4; P1-P2 and R1-R3; P1-P4 and R1-R4; P1-P3, R1-R2, and RFA) for processing divided by partition walls (e.g., 3; 3a-3d, 103) which each extend radially from a central axis of the multiple compartments, said multiple compartments being disposed inside the reaction space over the susceptor with a gap (e.g.,  $\Delta$ ) such that the susceptor can continuously rotate at the upper position for film deposition on the targets without contacting the partition walls, said multiple compartments being configured to operate different processes in the compartments simultaneously while the susceptor on which the targets are placed is continuously rotating at the upper position.

**[0056]** The above embodiment includes, but is not limited to, the following embodiments:

**[0057]** At least one of the partition walls may have at least one gas outflow hole (e.g., 11, 18, 40) for introducing reaction gas or purge gas (e.g., N<sub>2</sub>, Ar, He, or Ne) into one of the multiple compartments which is defined by the at least one of the partition walls. A center of the partition walls (e.g., 4) may have a gas outflow hole (e.g., 10) for introducing purge gas or inert gas to a center of the multiple compartments. The partition walls may have gas outflow holes (e.g., 5, 12, 17, 105) for discharging inert gas toward the susceptor as a gas curtain to separate the multiple compartments with respect to gas.

**[0058]** At least one of the partition walls may have front and back sides (e.g., 3aF, 3bF; 3aB, 3bB) with respect to a susceptor-rotating direction, said at least one of the partition walls separating two of the multiple compartments, one of the front and back sides having at least one gas outflow hole (e.g., 11, 18) for introducing reaction gas or purge gas into one of the two multiple compartments, the other of the front and back sides having at least one gas outflow hole (e.g., 17, 12) for discharging inert gas toward the susceptor as a gas curtain to separate the one of the two multiple compartments from the other of the two multiple compartments with respect to gas. The front and back sides (e.g., 3aF and 3aB; 3bF and 3bB) of the partition wall may have planes, respectively, facing the susceptor, angled to each other, and facing away from each other.

**[0059]** At least one of the multiple compartments (e.g., C6) may be provided with a gas outflow port (e.g., 40) at an upper part of the at least one of the multiple compartments for introducing reaction gas or purge gas thereinto. The susceptor may have annular slits (e.g., 33) formed around the target-supporting areas for passing gas therethrough.

**[0060]** The susceptor may have slits (e.g., 6, 106) for passing gas therethrough each formed between the target-supporting areas. The slits may be constituted by recesses extending from a periphery of the susceptor toward a central axis of the susceptor.

**[0061]** The semiconductor-processing apparatus may further comprise an exhaust system (e.g., 30) having gas inflow ports (e.g., 31, 32, 37a-37d) provided under the susceptor. The exhaust system may be movable in the axial direction of the susceptor together with the susceptor without rotating around its axis.

**[0062]** The multiple compartments (e.g., P1-P3 v. R1-R3; P1-P4 v. R1-R4; RFA v. P1-P2/R1-R2) may have different sizes in the susceptor-rotating direction. At least one of the multiple compartments (e.g., P1-P3; P1-P4 and R1-R4; P1-P3 and R1-R2) may have a size such that each target-supporting area cannot be fully included in a region corresponding to the at least one of the multiple compartments. At least one of the multiple compartments (e.g., RFA) may be provided with an RF power supply unit or an annealing unit. At least one of the multiple compartments may be provided with a shower plate (e.g., 40) for introducing reaction gas into the at least one of the multiple compartments.

**[0063]** Each target-supporting area (e.g., 202) may be rotatable around its axis at a rotation speed faster than the susceptor.

**[0064]** In another aspect, the present invention can be applied to a method of processing semiconductor targets comprising: (a) placing multiple semiconductor targets (e.g., 2) each on target-supporting areas provide on a susceptor (e.g., 1, 1', 101) disposed inside a reaction space (e.g., 100); (b) rotating the susceptor around its axis at an upper position where multiple compartments (e.g., C1-C4; P1-P2 and R1-R3; P1-P4 and R1-R4; P1-P3, R1-R2, and RFA) for processing divided by partition walls (e.g., 3; 3a-3d: 103) each extending radially from a central axis of the multiple compartments are disposed over the susceptor with a gap (e.g.,  $\Delta$ ) such that the susceptor continuously rotates at the upper position for film deposition on the targets without contacting the partition walls; and (c) creating processing

conditions in each compartment independently and simultaneously while the susceptor on which the targets are placed is continuously rotating at the upper position, thereby processing the targets.

**[0065]** The above embodiment includes, but is not limited to, the following embodiments:

**[0066]** The creating step may comprise introducing reaction gas or purge gas from at least one gas outflow hole (e.g., 11, 18, 40) provided in at least one of the partition walls into one of the multiple compartments which is defined by the at least one of the partition walls. The creating step may comprise introducing purge gas or inert gas from a gas outflow hole (e.g., 10) provided in a center of the partition walls (e.g., 4) to a center of the multiple compartments. The creating step may comprise discharging inert gas from gas outflow holes (e.g., 5, 12, 17, 105) provided in the partition walls toward the susceptor as a gas curtain, thereby separating the multiple compartments with respect to gas.

**[0067]** The creating step may comprise: (I) introducing reaction gas or purge gas from at least one gas outflow hole (e.g., 11, 18 or 12, 17) provided on either a front or a back side (e.g., 3aF, 3bF; 3aB, 3bB) provided in at least one of the partition walls into one of two of the multiple compartments divided by the at least one of the partition walls; and (II) introducing inert gas from at least one gas outflow hole (e.g., 11, 18 or 12, 17) provided on the other of the front and back sides provided in the at least one of the partition walls toward the susceptor as a gas curtain to separate the one of the two multiple compartments from the other of the two multiple compartments with respect to gas. The reaction gas or purge gas and the inert gas may be introduced in directions away from each other.

**[0068]** The creating step may comprise introducing reaction gas or purge gas into at least one of the multiple compartments from a gas outflow port (e.g., 40) provided in the at least one of the multiple compartments at its upper part. The creating step may further comprise passing gas through annular slits (e.g., 33) formed around the target-supporting areas of the susceptor.

**[0069]** The creating step may further comprise passing gas through slits (e.g., 6, 106) provided in the susceptor each formed between the target-supporting areas. The gas



may be passed through the slits extending from a periphery of the susceptor toward a central axis of the susceptor.

**[0070]** The creating step may further comprise discharging gas from the reaction space through gas inflow ports (e.g., 31, 32; 37a-37d) provided under the susceptor. The method may further comprise moving the gas inflow ports in the axial direction of the susceptor together with the susceptor without rotating around its axis prior to the creating step.

**[0071]** The creating step may further comprise rotating each target-supporting area (e.g., 202) around its axis at a rotation speed faster than the susceptor.

**[0072]** The creating step may comprise introducing reaction gas into one of the multiple compartments (e.g., R1-R3; R1-R4; R1-R2), and introducing purge gas into another of the multiple compartments (e.g., P1-P3; P1-P4; P1-P3, respectively) adjacent to and upstream of the one of the compartments in a susceptor-rotating direction. The other of the multiple compartments (e.g., P1-P3; P1-P4 and R1-R4; P1-P3 and R1-R2) may have a size such that each target on the target-supporting area cannot be fully included in a region corresponding to the other of the multiple compartments at all times of rotating the susceptor.

**[0073]** The creating step may comprise applying RF power or conducting annealing of the targets in at least one of the multiple compartments (e.g., RFA).

**[0074]** The creating step may comprise controlling a rotating speed of the susceptor to deposit atomic layers on the targets while traveling through the multiple compartments. The creating step may further comprise constantly applying RF power in at least one of the multiple compartments while the susceptor is rotating, thereby depositing the atomic layers on the targets without a need for intermittent on/off operations of RF power.

**[0075]** With reference to each drawing, preferred embodiments which are not intended to limit the present invention will be explained as follows:

**[0076]** FIG. 1 is a schematic top view of a susceptor 1 and isolation walls 3 and FIG. 4 is a schematic perspective view of the susceptor 1 and the isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes. Four targets 2 (e.g., semiconductor substrates) are placed on respective target-supporting areas formed on the susceptor 1. The target-supporting areas have nearly or

substantially the same size as or slightly larger than the targets 2, and thus are omitted from the drawings. The susceptor 1 can be configured to hold more than four targets (e.g., 5, 6, 8, 10, and numbers between any two numbers of the foregoing) or less than four targets (e.g., 2 or 3). Incidentally, all of the target-supporting areas need not be used, and fewer targets than the target-supporting areas can be held thereon, depending on the given processes.

**[0077]** The processing targets may be semiconductor substrates or devices and may have a diameter of 200 mm or 300 mm, although the size and shape should not be limited thereto.

**[0078]** In FIGS. 1 and 4, there are four compartments C1-C4 formed and divided by isolation walls 3. For example, the compartments C1 and C3 are purge gas compartments whereas the compartments C2 and C4 are reaction gas compartments wherein the purge gas compartments and the reaction gas compartments are alternately arranged, so that isolation of each compartment can be secured with respect to reaction gas because the purge gas compartments can function as buffers. The number of compartments need not be four, and independently of the number of the target-supporting areas, it can be determined depending on the given processes. FIG. 24 is a schematic top view of the susceptor 1 and isolation walls 3 according to another embodiment of the present invention. In these figures, top plates are omitted for illustrative purposes. Further, exhaust ports which may be provided in the susceptor 1 as explained below are also omitted for illustrative purposes.

**[0079]** In FIG. 24, there are six compartments consisting of purge gas compartments P1-P3 and reaction gas compartments R1-R3, which are alternately arranged in the susceptor-rotating direction. As in FIG. 1, at each reaction gas compartment, different reaction gas is provided. In this configuration, even if some reaction gas leaks from R1, R2, or R3 to adjacent compartments, the leaking reaction gas will not enter the other reaction gas compartments because the purge gas compartments P1-P3 function as buffer areas. As in FIG. 1, the isolation walls 3 have a center purge port 4 so as to prevent unwanted mixing of reaction gases at or near the center where manipulation of gas flows using the isolation walls is relatively difficult.

**[0080]** FIG. 2 is a schematic front view of the susceptor 1 and the isolation walls 3 of FIG. 1 according to an embodiment of the present invention. The center purge port 4

protrudes downward from the bottom of the isolation walls 3. FIG. 5 schematically shows a structure of the center purge port 4 in an embodiment. In this figure, the susceptor 1 has a concave portion or recess in the center (having a depth of about 2 mm to about 20 mm and a width of about 5 mm to about 40 mm, for example). The center purge port 4 may have a tubular outlet 10 having an opening at a lower end from which purge gas is discharged. The tubular outlet 10 may have a length of about 5 mm to about 40 mm. The purge gas discharged from the tubular outlet 10 flows from the center toward the periphery of the susceptor 1. This purge gas flow can effectively prevent unwanted mixing of reaction gases between the compartments.

**[0081]** FIG. 3 is a schematic segmental perspective view of the isolation wall 3 according to an embodiment of the present invention. The isolation wall 3 has outflow holes 5 at a lower end. The outflow holes 5 are aligned from the center to the periphery. In this figure, although the outflow holes 5 are aligned in a line, other outlet holes can be aligned in a line next to the outflow holes 5, so that two different types of gas can be discharged from a front side and a back side of the isolation wall 3, respectively. Further, the angle of gas flow discharging from the outflow holes 5 can be arranged so as to discharge the gas into the designated compartment effectively. In an embodiment, reaction gas is discharged at an angle toward the designated compartment, whereas purge gas is discharged straight down so as to function as a gas curtain. In the case where a purge gas compartment is provided, purge gas may be discharged at an angle toward the compartment so as to enter the compartment effectively. The isolation wall may have a width of about 5 mm to about 100 mm, preferably about 20 mm to about 40 mm (the height  $\alpha+\beta$  of the isolation wall in FIG. 8 and the size of the outflow holes will be described later).

**[0082]** In the embodiment of FIG. 2, the susceptor 1 has exhaust cutouts 6 through which reaction gas and/or purge gas pass downward, so that contamination or unwanted mixing of reaction gas can be prevented more efficiently. The cutouts 6 may be formed between the adjacent target-supporting areas so that gas passing over one target-supporting area will be discharged through the cutouts 6 before entering the adjacent target-supporting area. In an embodiment, the cutouts 6 are extended from the periphery toward the center as shown in FIG. 13, 16, or 20. The width of the cutout 6 at the periphery may be in a

range of about 5 mm to about 100 mm, and the length from the periphery toward the center may be in a range of about 100 mm to about 400 mm. The cutout 6 may be gradually narrowed toward the center or may have a constant width in a longitudinal direction. In another embodiment, the cutout 6 may be formed in multiple slits. The cutout can be formed in any shape as long as it can promote discharging gas in the compartments through the cutout. Further, in an embodiment, the cutout may have a wider opening on the top of the susceptor surface than an opening at the bottom of the susceptor. In FIG. 8 (which will be explained later), the cutout of the susceptor has a tapered surface.

**[0083]** FIG. 7 is a schematic segmental cross sectional (taken along line A-B in FIG. 6) and perspective view of isolation walls 3a, 3b and a top plate 20 according to an embodiment of the present invention. In this figure, the top plate 20 is indicated. Typically, the top plate 20 is a separate piece which is connected to the isolation walls 3a, 3b. The top plate 20 may be made of aluminum, whereas the isolation walls 3a, 3b may be made of aluminum. In an embodiment, the top plate 20 can be formed integrally with the isolation walls as a single piece.

**[0084]** In this figure, the isolation wall 3a has a front side 3aF and a back side 3aB in the susceptor-rotating direction. The isolation wall 3b has a front side 3bF and a back side 3bB in the susceptor-rotating direction. The front side 3aF has outflow holes 11 which are angled with respect to an axial direction of the susceptor so that gas can efficiently be discharged to the compartment between the isolation walls 3a and 3b. In an embodiment, the discharging angle of gas flow from the outflow holes 11 may be about  $5^\circ$  to about  $90^\circ$  (preferably about  $10^\circ$  to about  $85^\circ$ ) with respect to a plane of the top plate 20 facing the susceptor. In an embodiment, the number of the outflow holes may be 5 to 300 (preferably 10 to 200). In an embodiment, the diameter of the outflow holes may be in a range of about 0.1 mm to about 5 mm (preferably about 0.5 mm to about 2 mm). The above structural characteristics of the outflow holes may apply to the outflow holes 18 on the front side 3bF.

**[0085]** The outflow holes 17 and 12 on the back sides 3aB and 3bB, respectively, can have structural characteristics similar to those of the outflow holes 11, except for the discharging angle. In this figure, the outflow holes 17 and 12 are for discharging purge gas or inert gas which functions as a gas curtain, and thus, typically the discharging angle is in

parallel to the axial direction of the susceptor. In an embodiment, the discharging angle of the outflow holes 17 and 12 may be arranged depending on the exhaust system provided in the apparatus. That is, gas may be discharged in a direction of the exhaust system so that the gas can efficiently and stably flow, thereby forming a good gas curtain. The number of the outflow holes for discharging purge gas or inert gas may be greater than that of the outflow holes for discharging reaction gas.

**[0086]** The shape of the outflow holes provided on the isolation wall need not be circular and can be oval or rectangular (such as slits). In FIG. 7, manifolds 13, 14, 15, and 16 are connected to the holes 17, 11, 18, and 12, respectively. The tubular outlet 10 at the center may be provided separately. In an embodiment, the outflow holes need not be connected to piping but may be formed in hollow isolation walls.

**[0087]** FIG. 16 is a schematic perspective view with partial cross sections of a susceptor 101, a top plate 120, a top outer wall 121, an isolation wall 103, an exhaust plate 130, a side outer wall 140, and a susceptor support 107 according to an embodiment of the present invention. In FIG. 16, the isolation wall 103 is hollow, and the outflow holes 105 are formed in the bottom surface of the isolation wall 103. Further, a center purge port 104 is not connected to piping but is formed also in the bottom surface of the isolation wall 103. Purge gas or inert gas is introduced into the interior of the isolation wall 103 through a hole 63. Holes 61 and 64 are used for introducing purge gas or inert gas into the interior of the isolation wall 103. Hole 62 is used for introducing reaction gas into another interior of the isolation wall 103 (not shown in the figure). In that case, a wing (a portion extending from the center to its periphery) of the interior of the isolation wall 103 is divided into two longitudinal sections; one for purge gas or inert gas, the other for reaction gas.

**[0088]** FIG. 17 is a schematic diagram showing piping of isolation walls 3a, 3b, 3c, 3d according to an embodiment of the present invention. Note that an isolation wall can be integrally formed as a single piece which has wings extending from its center to its periphery, and in that case, the wings are collectively referred to as the isolation wall. Also, an isolation wall can simply refer to each portion which divides the reaction space, and in that case, multiple isolation walls are connected to a center portion. In FIG. 17, the isolation walls 3a-3d use conduits and manifolds such as those shown in FIG. 7.

**[0089]** In FIG. 17, a susceptor support 7 rotates the susceptor in a counter clockwise direction. Source gas A is introduced to the isolation wall 3a via a line 82 through an MFC (mass flow controller) 73 and a valve 76. Source gas A is discharged from the isolation wall 3a toward a compartment C2 at an inclined angle such as those shown in FIG. 7. That is, source gas A is introduced in a direction against the susceptor-rotating direction. Source gas B is introduced to the isolation wall 3c via a line 83 through an MFC 71 and a valve 74. Source gas B is discharged from the isolation wall 3c toward a compartment C4 at an inclined angle such as those shown in FIG. 7. Purge gas is introduced to the isolation walls 3a-3d and the center purge port 4 via lines 81, 82 through an MFC 72 and a valve 75.

**[0090]** Each isolation wall has a front side and a back side (not shown) with respect to the susceptor-rotating direction. Source gas A and source gas B are discharged from the respective front sides of the isolation walls 3a and 3c. Purge gas is discharged from each back side of the isolation walls 3a, 3b, 3c, 3d straight down in the axial direction of the susceptor such as those shown in FIG. 7. Purge gas is discharged from each front side of the isolation walls 3b, 3d at an inclined angle. Purge gas is discharged from the center purge port 4 straight down. FIG. 18 is an imaginary schematic cross sectional view showing gas flows in an apparatus according to an embodiment of the present invention, wherein the angle ( $45^\circ$ ) between the isolation walls 3a and 3b is imaginarily expanded to  $180^\circ$ . Source gas A travels over the target 2 in a direction opposite to the susceptor-rotating direction from the isolation wall 3a while the susceptor is rotating. Source gas A is then discharged from the compartment C2 to an exhaust channel 30b through the periphery of the susceptor and an exhaust port 37b (see FIG. 21). The pressure of exhaust can be measured by a pressure sensor 36b. Purge gas from the isolation wall 3a is discharged to an exhaust channel 30a through an exhaust port 37a (see FIG. 21). The pressure of exhaust can be measured by a pressure sensor 36a.

**[0091]** FIG. 21 is a schematic top view of the exhaust plate 30 shown in FIG. 18 according to an embodiment of the present invention. FIG. 22 is a schematic perspective view of the exhaust plate 30 shown in FIG. 21 according to an embodiment of the present invention. The exhaust plate 30 has openings 37a-37d corresponding to the compartments C1-C4. The openings are connected to exhaust channels 30a-30d, respectively (see FIG. 19).

When the exhaust ports such as 37a-37d correspond to the compartment such as C1-C4, the compartments formed even with small gaps between the susceptor and the isolation walls can separately be pressure-controlled by means of a pressure-measuring means such as the pressure sensor 36a, 36b and an exhaust system. Further, the pressure of each compartment can individually be set in such a way that respective reaction gases do not mix together in the vapor phase. In the center of the exhaust plate 30, there is a through-hole 38 where a shaft 7 of the susceptor 1 is inserted.

**[0092]** The exhaust ports 37a-37d need not be openings shown in FIG. 21 but may be constituted by multiple slits radially extending from the center toward its periphery.

**[0093]** FIG. 23 is a schematic imaginary cross sectional view of an apparatus according to an embodiment of the present invention, which shows the exhaust channels 30a, 30b and the exhaust plate 30. The exhaust plate 30 is movable as is the susceptor 1. The susceptor 1 is also rotatable, but the exhaust plate 30 is not rotatable. A surbo motor 91 raises/lowers the susceptor 1 and the exhaust plate 30. The exhaust plate 30 is connected to the susceptor 1 using a magnetic seal 95 so that the exhaust plate 30 does not rotate while the susceptor 1 rotates without breaking a seal. The exhaust channels 30a, 30b are connected to exhaust pipes 94a, 94b via bellows 93a, 93b, respectively. The interior of the apparatus is connected to an exhaust 96 and sealed by bellows 92. In an embodiment, the exhaust plate is not be movable but is fixed to the apparatus, as long as steady flow of exhaust in the reaction space is efficiently established, thereby effectively isolating each compartment with respect to gas. When the susceptor and the exhaust plate are together movable, gas from the isolation wall can stably be discharged from the reaction space.

**[0094]** As shown in FIG. 2, in an embodiment, a distance  $\Delta$  between a lower end of the isolation wall 3 and a top surface of the susceptor 1 is greater than a thickness of the target 2 and such that the susceptor can continuously rotate at an upper position for film deposition on the targets without contacting the partition walls and the compartments can be separated in terms of gas flows or gaseous phases. The distance  $\Delta$  may be set at about 0.4 mm to about 5.0 mm including 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 3.0 mm, 4.0 mm, and ranges between any two numbers of the foregoing (preferably about 0.5 mm to about 2.0 mm). A distance between the lower end of the isolation wall 3 and a top surface of the target 2 may

be in a range of about 0.1 mm to about 3.0 mm including 0.2 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, and ranges between any two numbers of the foregoing.

**[0095]** FIG. 8 is a schematic segmental cross sectional view (taken along line A-B in FIG. 6) of a susceptor 1, isolation walls 3a and 3b, a top plate 20, and an exhaust plate 30 according to an embodiment of the present invention. The axis of the isolation walls is shown in a thick line 21 which is not a center purge port. The isolation walls 3a and 3b divide the reaction space 100 and sandwich the top plate 20 under which a compartment C5 is formed. The isolation wall 3a has a front side 3aF and a back side 3aB with regard to the susceptor-rotating direction. The front side 3aF of the isolation wall 3a is provided with the outflow holes 11 for reaction gas. The back side 3aB of the isolation wall 3a is provided with the outflow holes 17 for purge gas or inert gas. The isolation wall 3b has a front side 3bF and a back side 3bB with regard to the susceptor-rotating direction. The front side 3bF of the isolation wall 3b is provided with the outflow holes 18 for reaction gas. The back side 3bB of the isolation wall 3b is provided with the outflow holes 12 for purge gas or inert gas. In this embodiment, the exhaust plate 30 has exhaust ports 31, 32.

**[0096]** A thickness  $\alpha+\beta$  of the isolation wall 3a, 3b as measured from the top surface to the lowest end may be about 10 mm to about 100 mm in an embodiment. The isolation walls 3a, 3b protrude from a lower plane of the top plate 20 by  $\alpha$ . The difference  $\alpha$  may be in a range of about 0.5 mm to about 5.0 mm including 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 3.0 mm, 4.0 mm, and ranges between any two numbers of the foregoing (preferably 1.0 mm to 2.0 mm).

**[0097]** FIG. 10 is a schematic segmental cross sectional view of the structures shown in FIG. 8, which shows the directions of gas flow 51, 52, 53, 54, and the direction of susceptor rotation 55 according to an embodiment of the present invention. The susceptor 1 rotates in a direction 55. Reaction gas discharged from the outflow holes 11 flows in a direction 51 which is opposite to the susceptor-rotating direction 55, wherein the reaction gas contacts the surface of the target and an ALD film is deposited on the target. This is self-saturation reaction, and thus as long as the susceptor 1 rotates at a speed such that deposition of an ALD film is complete during the target stays in the compartment C5, time control need not be precisely conducted. Purge gas or inert gas is discharged straight down from the



outflow holes 17 and 12 in directions 52 and 53, respectively. The reaction gas is sucked to the exhaust port 32 of the exhaust plate 30 as shown with an arrow 54, while the purge gas is sucked to the exhaust port 31 of the exhaust plate 30 as shown with an arrow 58, thereby effectively separating the reaction gas flow and the purge gas flow. In this embodiment, the purge gas flows 52, 53 function as gas curtains, and the reaction gas flow 51 is blocked from entering the adjacent compartments. Further, the reaction gas is discharged from the compartment C5 through the cutout which is formed between the target-supporting areas, so that the reaction gas is blocked from entering the adjacent compartments.

**[0098]** FIG. 9 is a schematic segmental cross sectional view of a susceptor 1', isolation walls 3c and 3d, a top plate 20', and an exhaust plate 30' according to an embodiment of the present invention. In this embodiment, a shower plate 40 is provided at a lower surface of a top plate 20' in a compartment C6 defined by the isolation walls 3c and 3d. Because the shower plate 40 is used to discharge reaction gas, the isolation wall 3c need not have outflow holes for discharging reaction gas. The shower plate 40 can also be used for purge gas. FIG. 12 is a schematic segmental bottom view of the top plate 20' with the shower plate 40 and isolation walls 3c, 3d according to an embodiment of the present invention. The shower plate has multiple holes for discharging gas therethrough (not shown). The shower plate can also serve as an electrode, and the compartment C6 can be used as a plasma CVD processing chamber or annealing chamber.

**[0099]** The isolation wall 3c has a back side 3cB having outflow holes 17'. The isolation wall 3d has a structure similar to that of the isolation wall 3c and has a back side 3dB with outflow holes 12'. Further, in this embodiment, the susceptor 1' has a circular exhaust port 33 (annular slits) which is formed around the target 2 to effectively create reaction gas flow (see Figs. 13-15). Further, the exhaust plate 30 has an exhaust port 39 to collectively receive gas which has passed through the circular exhaust port 33. FIG. 13 is a schematic segmental top view of the susceptor 1' with the exhaust port 33 and exhaust cutouts 6 according to an embodiment of the present invention. The circular exhaust port 33 is arranged in the vicinity of the periphery of the target-supporting area (which is equivalent to the target 2 to show the position of the circular exhaust port in relation thereto in the figure).

**[0100]** FIG. 14 is a schematic segmental cross sectional view of the susceptor 1' taken along line b-b shown in FIG. 13 according to an embodiment of the present invention. FIG. 15 is a schematic segmental cross sectional view of the susceptor 1' taken along line a-a shown in FIG. 13 according to an embodiment of the present invention. The circular exhaust port 33 is constituted by an upper continuous annular opening 33a on the top surface of the susceptor and lower multiple openings 33b having a width wider than (e.g., 2 to 3 times wider) that of the upper continuous annular opening 33a. The width of the upper continuous annular opening 33a may be in a range of about 1 mm to about 10 mm (preferably about 2 mm to about 5 mm). The circular exhaust port has a cross section shown in FIG. 14 which shows a step. However, the circular exhaust port need not have a step but can have a tapered surfaces having a wider opening at the lower surface of the susceptor than at the upper surface of the susceptor. In another embodiment, the circular exhaust port has no step or tapered surfaces but has a rectangular cross section. In another embodiment, the circular exhaust port has a wider opening at the top surface of the susceptor than at the bottom surface of the susceptor. By using the circular exhaust port, more stable gas flow in the compartment can be created, thereby effectively preventing mixing of gas and uniformly distributing gas over the target.

**[0101]** FIG. 11 is a schematic segmental cross sectional view of the structures shown in FIG. 9, which shows the directions of gas flow 52, 53, 54, 56, 57, and the direction of susceptor rotation 55 according to an embodiment of the present invention. The gas flows 52, 53 may be the same as in FIG. 10. In FIG. 11, reaction gas flows from the shower plate 40 toward the target 2 as shown with arrows 56. The reaction gas passes through the circular exhaust port 33 toward the exhaust plate 30' as shown with arrows 57. The exhaust plate 30' has a different shape than in FIG. 10, which has a wider opening than in FIG. 10 so that the gas which has passed through the circular exhaust port 33 can go to the common exhaust port 39. The purge gas shown with the arrow 52 is received to an exhaust port 31' of the exhaust plate 30' as shown with an arrow 58'. The exhaust plate can be structured as shown in FIG. 22. That is, each exhaust port 31, 32, 31', 39 in FIGS. 8 and 9 is constituted by an opening or slit which is connected to an exhaust channel.

**[0102]** The configuration of the isolation walls can be modified as shown in FIGS. 25 and 26, for example. Each of FIGS. 25 and 26 is a schematic top view of the susceptor 1 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes. In both embodiments, each reaction gas compartment (R1-R4: R1-R2) is sandwiched by the purge gas compartments (P1-P4: P1-P3), so that reaction gas can be prevented from entering the other reaction gas compartments. In FIG. 26, a plasma CVD processing/annealing compartment RFA is formed. Unlike a conventional apparatus, the processing target can be passed through the compartment RFA in which RF plasma is generated continuously, in order to deposit PEALD (plasma enhanced atomic layer deposition) film without a need for intermittent on/off operations of RF. Two or more compartments can be equipped with a shower plate or an electrode. The shower plate need not serve as an electrode and be connected to an RF power source. On the other hand, an electrode can be installed in a compartment without a shower plate.

**[0103]** The size of each compartment can be determined based on the type of reaction (absorption speed, reaction speed, etc.), the rotation speed of the susceptor, etc. and may be such that each target-supporting area cannot be fully included in a region corresponding to the compartment. Typically, the purge gas compartments need a smaller region than the reaction gas compartments. In FIG. 24, the purge gas compartments P1-P3 are smaller than the target 2 as measured as a peripheral angle with respect to the center of the susceptor. For example, when a peripheral angle of the target-supporting area with respect to the center is  $60^\circ$ , a peripheral angle of the purge gas compartment P1, P2, P3 with respect to the center is less than  $60^\circ$ , e.g.,  $30\text{-}45^\circ$ . In an embodiment, the peripheral angle of the purge gas compartment may be about 20% to about 90% of the peripheral angle of the target-supporting area with respect to the center (including 30%, 50%, 70%, and ranges between any two numbers of the foregoing). In another embodiment, the peripheral angle of the purge gas compartment may be about 100% to about 200% of the peripheral angle of the target-supporting area with respect to the center (including 120%, 150%, 180%, and ranges between any two numbers of the foregoing) such as shown in FIG. 1 wherein the compartments C1 and C3 are purge gas compartments whereas the compartments C2 and C4 are reaction gas compartments.

**[0104]** In an embodiment, the peripheral angle of the reaction gas compartment may be larger than that of the purge gas compartment, and typically about 60% to about 200% of the peripheral angle of the target-supporting area with respect to the center (including 80%, 100%, 120%, 150%, and ranges between any two numbers of the foregoing). In an embodiment, the peripheral angle of the reaction gas compartment may be larger than that of the target-supporting area.

**[0105]** The configurations shown in FIGS. 25 and 26 fall within the above-described ranges with respect to the size of each compartment. In FIG. 26, the compartment RFA is the largest because PEALD uses the shower plate serving as an electrode and requires uniform application of RF power to uniformly generate a plasma. For the non-plasma ALD process, because the reaction is self-saturated, the process can be applied to the target segment by segment and the reaction time is not crucial as long as the minimum reaction time is satisfied. Thus, even if the reaction gas compartment is smaller than the target as measured as a peripheral angle with respect to the center of the susceptor, the processing of the target can be effectively conducted.

**[0106]** Further, in an embodiment, the target-supporting area itself can rotate. The rotation of the target-supporting area is effective when conducting non-self-saturation reaction such as plasma CVD. In that case, the size of the compartment may be larger than that of the other compartments in order to accomplish high uniformity of the process applied to the target. If the target-supporting area is rotatable, high uniformity can effectively be accomplished, even when the compartment is relatively small. In that case, preferably, the target-supporting area rotates faster than the susceptor for better uniformity. The rotation of the target-supporting area is also effective for self-saturation reaction such as ALD. FIG. 27 is a schematic top view of a susceptor 1 with a rotating targets 2 and isolation walls 3 according to an embodiment of the present invention, wherein top plates are omitted for illustrative purposes. FIG. 28 is a schematic cross sectional side view of the susceptor 1 with target-rotating areas 202 and the isolation walls 3 shown in FIG. 27 according to an embodiment of the present invention.

**[0107]** In an embodiment, the rotation speed of the target-supporting area may be about 5 rpm to about 400 rpm, preferably about 10 rpm to about 180 rpm. In an embodiment,

the speed of the target-supporting area may be at least 1.5 times faster than that of the susceptor (including 2 times, 5 times, 10 times, and ranges between any two numbers of the foregoing). In another embodiment, the rotation speed of the target-supporting area may be lower than that of the susceptor, depending on the type of reaction. Typically, the rotation speed of the susceptor may be about 2 rpm to about 100 rpm, preferably about 5 rpm to about 60 rpm, depending on the type of reaction, the minimum deposition time, the size of the compartments, etc.

**[0108]** Next, in an embodiment, how thin film is deposited on a processing target is explained with reference to the drawings. This embodiment is not intended to limit the present invention. In FIG. 8, multiple semiconductor wafers 2 are placed on the susceptor 1 using a processing-target placing means (such as a vacuum robot, not shown), and the susceptor 1 and the exhaust plate 30 are raised to a reaction position using an up/down moving means (such as the surbo motor 91 in FIG. 23). At this time, the gap ( $\Delta$ ) between the susceptor 1 and the isolation wall 3 is adjusted to a specified dimension between 0.5 mm and 2 mm, for example.

**[0109]** A specified amount of inactive gas is then introduced from the outflow holes 17 in the isolation wall as shown in FIG. 10. Next, a specified amount of precursor A is introduced from the outflow holes 11 in the compartment C5 as shown in FIGS. 8 and 10 (which corresponds to the compartment C2 in FIG. 1). A specified amount of purge gas is introduced from the outflow holes 12 in the purge gas compartment C1 and C3 in FIG. 1, and then precursor B is introduced from the outflow holes 11 in the compartment C4 in FIG. 1. The susceptor is rotated counter clockwise in FIG. 1 at a specified speed to cause precursor A adsorbed to the processing targets to react with precursor B in order to deposit thin film. The process can begin from the reaction gas compartment C2, the purge gas compartment C1, the reaction gas compartment C4, and the purge gas compartment C3 in sequence.

**[0110]** The susceptor is rotated until a specified film thickness is achieved, after which the precursor supply to the reaction gas compartments C2 and C4 and purge gas supply to the purge gas compartments C1 and C3 are stopped and the susceptor is lowered to a specified position to remove the processing targets.

[0111] Here, the reaction gas compartments C2 C4 into which precursors are introduced may be of the top flow type shown in FIGS. 9 and 11. As for the configuration shown in FIG. 9, the shower plate 40 may be replaced by a showerhead that also serves as a RF electrode, if necessary, so that RF plasma processing can be performed. Furthermore, one purge gas compartment may conform to the top flow type shown in FIG. 9 and 11, and annealing by means of RF plasma can be incorporated into the film deposition cycle corresponding to each rotation. It is also possible to make the reaction gas compartments and/or purge gas compartments smaller than the processing target, as shown in FIGS. 24 and 25.

[0112] The rotating speed of the susceptor depends on the adsorption speeds and reaction speeds of precursors as well as the required purge times, and is determined from the longest of all these times. Thickness of deposited film can be controlled by the number of times the susceptor is rotated. For example, in an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina) film deposition process using TMA (trimethyl aluminum) and H<sub>2</sub>O (water) as precursors A and B, respectively, film of approx. 0.11 nm in thickness can be deposited per each susceptor rotation consisting of precursor A supply, purge, precursor B supply, and purge. Therefore, the precursor needs to be rotated 36 times to deposit film of 4 nm in thickness.

[0113] In this case, the reaction space is divided into four sections and the period of H<sub>2</sub>O purge that requires the longest time is set to 750 msec. This translates to 20 rpm in susceptor speed, at which four semiconductor wafers can be processed during the film deposition time of 1.8 minutes. As a result, the throughput becomes 133 wafers per hour. Under conventional methods, the throughput is around 40 wafers per hour because an extra purge time is needed to switch the precursor in the reactor. In this embodiment of the present patent application, four processing targets are placed on the susceptor. If the number of compartments is simply increased to four under any conventional method, such configuration can achieve an equivalent throughput. However, each compartment needs a separate gas line and exhaust pump, as well as a separate RF circuit if RF is used, and thus the apparatus cost increases. Also, the maintenance cycle becomes shorter with such conventional structure due to the reaction of precursors A and B adsorbed to the showerhead. Furthermore, the number of processing targets that can be placed on the susceptor is not limited to four under the

present patent application. The rotating speed of the susceptor is not limited to 20 rpm, either, and the susceptor speed can be raised further if precursors A and B used have higher adsorption speeds and reaction speeds. This allows for further improvement in throughput. As shown in the additional drawing, it is also possible to rotate the wafer at a speed faster than the susceptor in order to implement a CVD-like process that is not a saturation process.

**[0114]** Use of the proposed method improves productivity significantly, because the respective precursors are introduced only into the dedicated reaction chambers (compartments) and thus there is no need for the extra purge for precursor switching that has been a main cause of reduced productivity, process instability and lower repeatability under conventional processes. Also, the alternate placement of reaction gas and purge gas compartments prevents the precursors from mixing together in the vapor phase, which suppresses particle generation and prevents film from depositing in unnecessary areas, consequently leading to a longer maintenance cycle. In addition, the precursors can be introduced continuously, which extends the valve life and permits process monitoring using a mass-flow controller, etc. As a result, on-time monitoring of material supply volumes for abnormality, etc., becomes possible. U.S. Patent Publication No. 2004/0221808, No. 2005/0208217, and No. 2005/0229848, all of which are owned by the same assignee as in this application, describe ALD processes and the disclosure of the above is herein incorporated by reference in their entirety.

**[0115]** FIGS. 29-34 show another embodiment of the present invention. FIG. 29 is a schematic perspective view with partial cross sections of a susceptor 301, an isolation wall 303, an exhaust plate 330, and a side outer wall 340. The susceptor 301 has four sections, and adjacent sections are separated by an exhaust cutout 306. Each section has a target-supporting area 302 which is a recessed portion in which a substrate is fitted. Although a top outer wall is omitted from FIG. 29, as shown in FIG. 30, a top outer wall 321 is disposed above the isolation wall 303. FIG. 30 is a schematic view showing the top outer wall 321 and the isolation wall 303 when they are disassembled.

**[0116]** The top outer wall 321 has an annular edge portion 323 which downwardly extends so as to be connected to a top of the side outer wall 340 to seal the reaction chamber (see FIG. 34). FIG. 34 is a schematic perspective view with partial cross

sections of the susceptor 301, the isolation wall 303, the exhaust plate 330, the side outer wall 340, and the top outer wall 321. As shown in FIG. 30, in this embodiment, the top outer wall 321 has a recess or groove 322 into which the isolation wall 303 is fitted to form gas flow channels. A top portion of the top outer wall 321 has holes 361, 362, 363, 364, 365, etc. communicated with the respective gas flow channels, through which holes the designated gases are introduced into the respective gas flow channels in the isolation wall 303. In this embodiment, the isolation wall 303 is in the shape of a cross, and four walls or arms radially extend from the center where a center purge port 304 is formed.

[0117] FIG. 31 is a schematic perspective view of the isolation wall 303. In this embodiment, each wall has a lower portion which is three-sided (right and left angled sides and a central side as viewed from the center of the isolation wall). Each side may have substantially or nearly the same width in a direction perpendicular to a longitudinal direction and has multiple holes aligned in line in this embodiment. In a first partition wall 351, the right angled side and the central side are used for discharging a purge gas (e.g.,  $N_2$  or Ar) through holes 311. The left angled side of the first partition wall 351 is used for discharging a reaction gas A through holes 312. A third partition wall 353 (opposite to the first partition wall 351) has the same structures except that the left angled side is used for discharging a reaction gas B. A second partition wall 352 and a fourth partition wall 352 are arranged in line and the three sides are all used for discharging a purge gas (e.g.,  $N_2$  or Ar). The center purge port 304 is also used for discharging a purge gas (e.g.,  $N_2$  or Ar).

[0118] The inside of each partition wall may be divided into two gas flow channels with respect to gas isolation, e.g., the right angled side and the central side are gas-communicated with each other and form a gas flow channel, and the left angled side is gas-isolated from the right angled side and the central side and forms another gas flow channel. In that case, the top outer wall 321 may have one gas inlet hole for each gas flow channel. In FIG. 34, the top outer wall 321 has gas a purge gas inlet hole 361 which is gas-communicated with the right angled side and the central side of the first partition wall, and a reaction gas A inlet hole 362 which is gas-communicated with the left angled side of the first partition wall. Similarly, the top outer wall 321 has gas two purge gas inlet holes 364 which are gas-communicated with the right angled side and the central side of the second partition wall, and



with the left angled side of the second partition wall, respectively. The third and fourth partition walls have structures corresponding to the first and second partition walls, respectively. FIG. 34 shows a purge gas inlet hole 363 connected to the right angled side of the fourth partition wall. The top outer wall 321 also has a purge gas inlet hole 365 connected to the central purge port 304.

**[0119]** FIG. 32 is a schematic perspective view of the susceptor 301. The susceptor is radially divided into four sections and adjacent sections are separated by the exhaust cutout 306. Each section has a substrate-supporting area 302 which is a recess to which a substrate is fitted. A susceptor support 307 rotates the susceptor 301.

**[0120]** FIG. 33 is a schematic perspective view of the exhaust plate 330. The susceptor support 307 is inserted through a central hole 338 of the exhaust plate 330 (see FIG. 34). The exhaust plate 330 is radially divided into four sections 337a, 337b, 337c, and 337d. Each section has a hole connected to an exhaust channel. The section 337a has a hole 330a' connected to an exhaust channel 330a, and likewise, the section 337b has a hole 330b' connected to an exhaust channel 330b. Between adjacent sections, a divider 360 is provided. In this embodiment, the divider 360 is three-sided as with the isolation wall so as to facilitate exhaust gas flow. All the dividers 360 are connected near the center and along the outer periphery.

**[0121]** In the above embodiment where structures are not specified, the skilled artisan in the art can readily provide such structures, in view of the present disclosure, as a matter of routine experimentation.

**[0122]** Example 1

**[0123]** Shown below are the film deposition results of the method according to an embodiment of the present invention and a conventional method, in an example of WNC (tungsten nitride carbide) film deposition using TEB (triethyl boron),  $WF_6$  (tungsten hexafluoride),  $NH_3$  (ammonia) as precursors, and Ar as purge gas or inert gas. For the embodiment of the present invention, an apparatus shown in FIGS. 8, 17, and 24 were used wherein:

**[0124]** The gap  $\Delta$ : 1.2 mm

**[0125]** The height  $\alpha+\beta$  of the isolation wall: 51.5 mm

- [0126] The thickness  $\beta$  of the top plate: 50 mm
- [0127] The width of the cutout: 10 mm
- [0128] The peripheral angle of the purge gas compartment: 20°
- [0129] The peripheral angle of the reaction gas compartment: 30°
- [0130] The number of outflow holes for purge gas and reaction gas: 50
- [0131] The diameter of the wafer: 300 mm
- [0132] The flow of purge gas from the center: 20 sccm
- [0133] The flow of purge gas to the compartments: 1000 sccm
- [0134] The flow of precursor TEB: 400 sccm with carrier N<sub>2</sub> gas
- [0135] The flow of precursor WF<sub>6</sub>: 15 sccm
- [0136] The flow of precursor NH<sub>3</sub>: 400 sccm
- [0137] The pressure of the compartments P1-P3: 200 Pa
- [0138] The pressure of the compartments R1: 300 Pa
- [0139] The pressure of the compartments R2: 150 Pa
- [0140] The pressure of the compartments R3: 150 Pa
- [0141] The temperature of the reaction chamber (deposition temperature): 320°C
- [0142] Comparative method (U.S. Patent Publication No. 2004/0221808, No. 2005/0208217, and No. 2005/0229848): showerhead type, with showerhead exhaust
- [0143] Deposition was conducted under the conditions shown in Table 1.
- [0144] Table 1

	TEB		WF <sub>6</sub>		NH <sub>3</sub>		Cycle time	Throughput*
Conventional method	Pulse	Purge	Pulse	Purge	Pulse	Purge	6.5	11 wafers/hour
	1 sec	1.5 sec	0.5 sec	1 sec	0.5 sec	2 sec		
Present patent application	20 rpm						3	96 wafers/hour

\* Deposition speed: 0.08 nm/cycle (film thickness: 4 nm)

- [0145] Comparison of film deposition results (WNC, 25 nm) is shown in Table 2.
- [0146] Table 2

	Thickness nm	Rs Ω/□	Rs 1σ%	Resistivity μΩ cm	Particle increase*
Conventional method	25.4	152	2.2	386.0	52

Example 1	25.1	145	0.5	363.9	8
-----------	------	-----	-----	-------	---

\* Particle: 0.16  $\mu\text{m}$  or more

[0147] As shown in Table 2, in Example 1, particle contamination in the film was significantly inhibited because mixing of the precursors was effectively inhibited by sandwiching each reaction gas compartment between the purge gas compartments using continuous flows of purge gas and precursor gases. Further, uniformity of the film characteristics was very high in Example 1. Furthermore, the throughput was about nine times higher in Example 1 than in the conventional method.

[0148] Example 2

[0149] Explained below is an example of Ru film deposition by PEALD (plasma enhance ALD) according to an embodiment of the present invention. For this embodiment of the present invention, simulation was conducted to calculate a throughput assuming that an apparatus shown in FIGS. 9, 13, and 26 are used wherein conditions not specified below are the same as in Example 1:

[0150] The peripheral angle of the purge gas compartment: 15°

[0151] The peripheral angle of the reaction gas compartment: 20°

[0152] The peripheral angle of the RFA compartment: 90°

[0153] RF power: 200 W, 13.56 MHz

[0154] The flow of purge gas from the center: 20 sccm

[0155] The flow of purge gas to the compartments: 1000 sccm

[0156] The flow of precursor Ru: 400 sccm with He carrier gas

[0157] The flow of precursor  $\text{NH}_3$ : 400 sccm

[0158] The pressure of the compartments P1-P2: 200 Pa

[0159] The pressure of the compartments R1: 400 Pa

[0160] The pressure of the compartment RFA: 150 Pa

[0161] The temperature of the reaction chamber (deposition temperature): 320°C

[0162] Comparative method (U.S. Patent Publication No. 2004/0221808, No. 2005/0208217, and No. 2005/0229848): showerhead type, with showerhead exhaust

[0163] Deposition was simulated under the conditions shown in Table 3.

[0164] Table 3

	Ru*		NH <sub>3</sub>	RF		Cycle time	Throughput*
Conventional method	Pulse	Purge	Flow	On	Purge		
	1 sec	1.5 sec	0.5 sec	2 sec	2 sec		
Example 2	20 rpm					3	48 wafers/hour

\* Growth speed: 0.02 nm/cycle (film thickness: 2 nm)

[0165] As a result, the simulation reveals that the throughput is about ten times higher in Example 2 than in the conventional method.

[0166] In the present disclosure where conditions and/or structures are not specified, the skilled artisan in the art can readily provide such conditions and/or structures, in view of the present disclosure, as a matter of routine experimentation.

[0167] The present invention includes the above mentioned embodiments and other various embodiments including the following:

[0168] 1) An apparatus for depositing thin film on a semiconductor wafer being a processing target, comprising: a reaction chamber, a susceptor on which multiple processing targets are placed, and a raising/lowering means for moving the susceptor up and down; a rotating means for rotating the susceptor around the center axis; and walls that divide the reactor into multiple chambers; the apparatus characterized in that, when depositing film, the susceptor is raised to create small gaps along the walls and thereby separating the respective reaction chambers, source gas and purge gas chambers are provided alternately, and the susceptor means on which the processing targets are placed is rotated to deposit thin film on the processing targets.

[0169] 2) An apparatus described in 1), characterized in that, when depositing film, the susceptor is raised and inactive gas is introduced into the small gaps formed along the walls separating the reaction chamber into multiple chambers, and then the inactive gas is discharged from exhaust ports provided in positions directly facing the wall provided on the susceptor means, in order to separate the respective chambers.

[0170] 3) An apparatus described in 2), characterized in that the inactive gas is either N<sub>2</sub>, Ar, He or Ne.

[0171] 4) An apparatus described in 1), characterized in that source gas or purge gas is introduced from the outlet-side wall in the rotating direction of the susceptor and discharged from the inlet side.

**[0172]** 5) An apparatus described in 1), characterized in that source gas or purge gas is introduced from above the space divided by the walls, and discharged from an exhaust port provided on the outer periphery of each processing target on the susceptor.

**[0173]** 6) An apparatus described in 1), characterized in that source gas is adsorbed and/or reacted or purged while the processing target passes by means of susceptor rotation through a wall-divided chamber smaller than the processing target.

**[0174]** 7) An apparatus described in 1), characterized in that the susceptor rotates continuously.

**[0175]** 8) An apparatus described in 1), characterized in that RF plasma is applied to one or more wall-divided chambers in order to deposit film or provide annealing effect.

**[0176]** 9) An apparatus described in 1), characterized in that the chambers formed by the small gaps between the susceptor and walls are separately pressure-controlled by means of a pressure-measuring means and a pressure-controlling means.

**[0177]** 10) An apparatus described in 9), characterized in that the pressure of each chamber is set in such a way that respective source gases do not mix together in the vapor phase.

**[0178]** 11) An apparatus described in 1), characterized in that the processing target is passed by means of susceptor rotation through a RF plasma chamber in which RF plasma is generated continuously, in order to deposit PEALD film without a need for intermittent on/off operations of RF.

**[0179]** 12) An apparatus described in 1), characterized in that film is deposited with the processing target rotated at a speed faster than the rotating speed of the susceptor.

**[0180]** It will be understood by those of skill in the art that numerous and various modifications can be made without departing from the spirit of the present invention. Therefore, it should be clearly understood that the forms of the present invention are illustrative only and are not intended to limit the scope of the present invention.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. An apparatus for deposition thin film on a target, comprising:  
a reaction space;  
a susceptor having multiple target-supporting areas thereon and disposed inside the reaction space for placing multiple targets each on the target-supporting areas, said susceptor being movable between an upper position and a lower position in its axial direction and being rotatable around its axis when at the upper position; and  
multiple compartments for processing divided by partition walls which each extend radially from a central axis of the multiple compartments, said multiple compartments being disposed inside the reaction space over the susceptor with a gap such that the susceptor can continuously rotate at the upper position for film deposition on the targets without contacting the partition walls, said multiple compartments being configured to operate different processes in the compartments simultaneously while the susceptor on which the targets are placed is rotating at the upper position.
2. The apparatus according to Claim 1, wherein at least one of the partition walls has at least one gas outflow hole for introducing reaction gas or purge gas into one of the multiple compartments which is defined by the at least one of the partition walls.
3. The apparatus according to Claim 1, wherein a center of the partition walls has a gas outflow hole for introducing purge gas or inert gas to a center of the multiple compartments.
4. The apparatus according to Claim 1, wherein the partition walls have gas outflow holes for discharging inert gas toward the susceptor as a gas curtain to separate the multiple compartments with respect to gas.
5. The apparatus according to Claim 1, wherein at least one of the partition walls has front and back sides with respect to a susceptor-rotating direction, said at least one of the partition walls separating two of the multiple compartments, one of the front and back sides having at least one gas outflow hole for introducing reaction gas or purge gas into one of the two multiple compartments, the other of the front and back sides having at least one gas outflow hole for discharging inert gas toward the susceptor as a gas curtain to separate the

one of the two multiple compartments from the other of the two multiple compartments with respect to gas.

6. The apparatus according to Claim 5, wherein the front and back sides of the partition wall have planes, respectively, facing the susceptor, angled to each other, and facing away from each other.

7. The apparatus according to Claim 1, wherein at least one of the multiple compartments is provided with a gas outflow port at an upper part of the at least one of the multiple compartments for introducing reaction gas or purge gas thereinto.

8. The apparatus according to Claim 7, wherein the susceptor has annular slits formed around the target-supporting areas for passing gas therethrough.

9. The apparatus according to Claim 1, wherein the susceptor has slits for passing gas therethrough each formed between the target-supporting areas.

10. The apparatus according to Claim 9, wherein the slits are constituted by recesses extending from a periphery of the susceptor toward a central axis of the susceptor.

11. The apparatus according to Claim 1, further comprising an exhaust system having gas inflow ports provided under the susceptor.

12. The apparatus according to Claim 11, wherein the exhaust system is movable in the axial direction of the susceptor together with the susceptor without rotating around its axis.

13. The apparatus according to Claim 1, wherein the multiple compartments have different sizes in a susceptor-rotating direction.

14. The apparatus according to Claim 1, wherein each target-supporting area is rotatable around its axis at a rotation speed faster than the susceptor.

15. The apparatus according to Claim 1, wherein at least one of the multiple compartments has a size such that each target-supporting area cannot be fully included in a region corresponding to the at least one of the multiple compartments.

16. The apparatus according to Claim 1, wherein at least one of the multiple compartments is provided with an RF power supply unit or an annealing unit.

17. The apparatus according to Claim 1, wherein at least one of the multiple compartments is provided with a shower plate for introducing reaction gas into the at least one of the multiple compartments.

18. An apparatus for depositing thin film on a processing target, comprising:

a reaction space;

a susceptor for placing multiple processing targets thereon, said susceptor being movable up and down and rotatable around its center axis; and

isolation walls that divide the reaction space into multiple compartments including source gas compartments and purge gas compartments, wherein when the susceptor is raised for film deposition, a small gap is created between the susceptor and the isolation walls, thereby establishing gaseous separation between the respective compartments, wherein each source gas compartment and each purge gas compartment are provided alternately in a susceptor-rotating direction of the susceptor.

19. The apparatus according to Claim 18, wherein the small gap is about 0.5 mm to about 2.0 mm.

20. A method of processing semiconductor targets, comprising:

placing multiple semiconductor targets each on target-supporting areas provide on a susceptor disposed inside a reaction space;

rotating the susceptor around its axis at an upper position where multiple compartments for processing divided by partition walls each extending radially from a central axis of the multiple compartments are disposed over the susceptor with a gap such that the susceptor continuously rotates at the upper position for film deposition on the targets without contacting the partition walls; and

creating processing conditions in each compartment independently and simultaneously while the susceptor on which the targets are placed is continuously rotating at the upper position, thereby processing the targets.

21. The method according to Claim 20, wherein the creating step comprises introducing reaction gas or purge gas from at least one gas outflow hole provided in at least one of the partition walls into one of the multiple compartments which is defined by the at least one of the partition walls.



22. The method according to Claim 21, wherein the creating step comprises introducing purge gas or inert gas from a gas outflow hole provided in a center of the partition walls to a center of the multiple compartments.

23. The method according to Claim 20, wherein the creating step comprises discharging inert gas from gas outflow holes provided in the partition walls toward the susceptor as a gas curtain, thereby separating the multiple compartments with respect to gas.

24. The method according to Claim 20, wherein the creating step comprises:

introducing reaction gas or purge gas from at least one gas outflow hole provided on either a front or a back side provided in at least one of the partition walls into one of two of the multiple compartments divided by the at least one of the partition walls; and

introducing inert gas from at least one gas outflow hole provided on the other of the front and back sides provided in the at least one of the partition walls toward the susceptor as a gas curtain to separate the one of the two multiple compartments from the other of the two multiple compartments with respect to gas.

25. The method according to Claim 24, wherein the reaction gas or purge gas and the inert gas are introduced in directions away from each other.

26. The method according to Claim 20, wherein the creating step comprises introducing reaction gas or purge gas into at least one of the multiple compartments from a gas outflow port provided in the at least one of the multiple compartments at its upper part.

27. The method according to Claim 26, wherein the creating step further comprises passing gas through annular slits formed around the target-supporting areas of the susceptor.

28. The method according to Claim 20, wherein the creating step further comprises passing gas through slits provided in the susceptor each formed between the target-supporting areas.

29. The method according to Claim 28, wherein the gas is passed through the slits extending from a periphery of the susceptor toward a central axis of the susceptor.

30. The method according to Claim 20, wherein the creating step further comprises discharging gas from the reaction space through gas inflow ports provided under the susceptor.

31. The method according to Claim 30 further comprising moving the gas inflow ports in the axial direction of the susceptor together with the susceptor without rotating around its axis prior to the creating step.

32. The method according to Claim 20, wherein the creating step further comprises rotating each target-supporting area around its axis at a rotation speed faster than the susceptor.

33. The method according to Claim 20, wherein the creating step comprises introducing reaction gas into one of the multiple compartments, and introducing purge gas into another of the multiple compartments adjacent to and upstream of the one of the compartments in a susceptor-rotating direction.

34. The method according to Claim 33, wherein the other of the multiple compartments has a size such that each target on the target-supporting area cannot be fully included in a region corresponding to the other of the multiple compartments at all times of rotating the susceptor.

35. The method according to Claim 20, wherein the creating step comprises applying RF power or conducting annealing of the targets in at least one of the multiple compartments.

36. The method according to Claim 20, wherein the creating step comprises controlling a rotating speed of the susceptor to deposit atomic layers on the targets while traveling through the multiple compartments.

37. The method according to Claim 36, wherein the creating step further comprises constantly applying RF power in at least one of the multiple compartments while the susceptor is rotating, thereby depositing the atomic layers on the targets without a need for intermittent on/off operations of RF power.

### Semiconductor-Processing Apparatus with Rotating Susceptor

#### Abstract of the Disclosure

An apparatus for depositing thin film on a processing target includes: a reaction space; a susceptor movable up and down and rotatable around its center axis; and isolation walls that divide the reaction space into multiple compartments including source gas compartments and purge gas compartments, wherein when the susceptor is raised for film deposition, a small gap is created between the susceptor and the isolation walls, thereby establishing gaseous separation between the respective compartments, wherein each source gas compartment and each purge gas compartment are provided alternately in a susceptor-rotating direction of the susceptor.

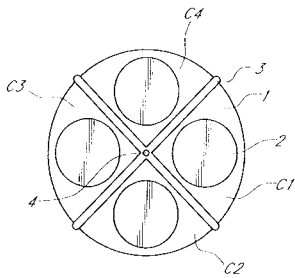


FIG. 1

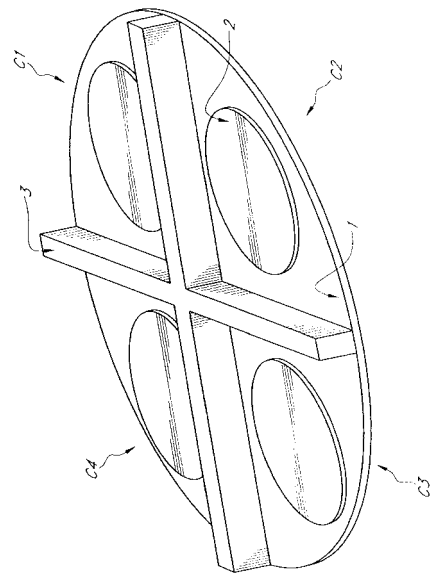


FIG. 4

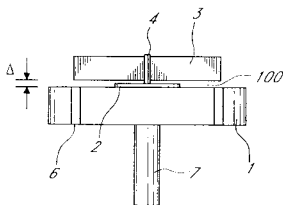


FIG. 2

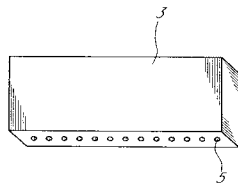


FIG. 3

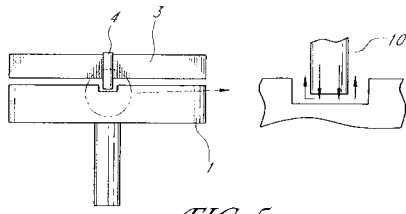


FIG. 5

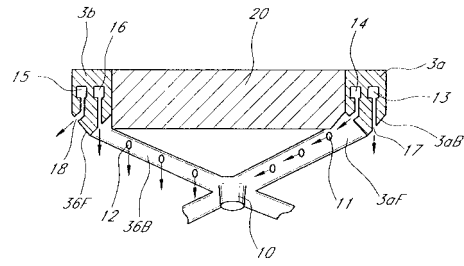


FIG. 7

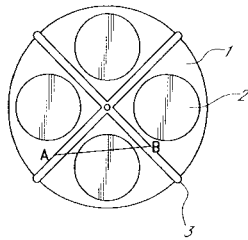


FIG. 6

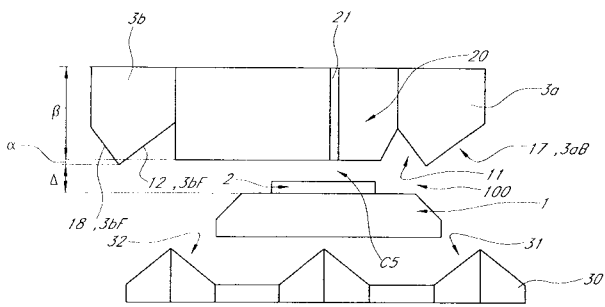


FIG. 8

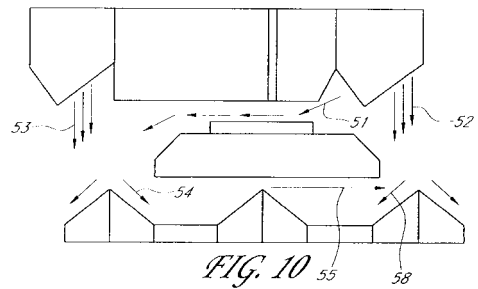


FIG. 10

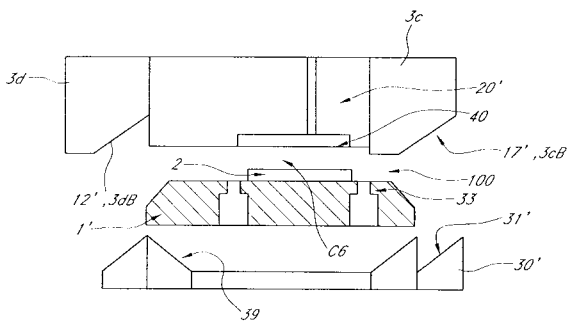


FIG. 9

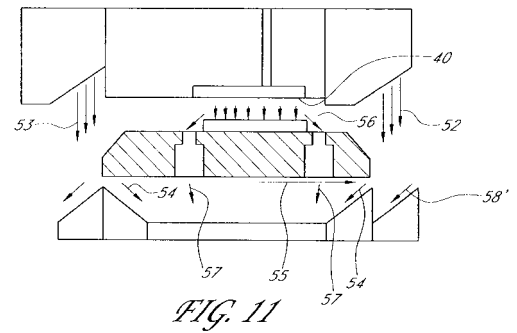


FIG. 11

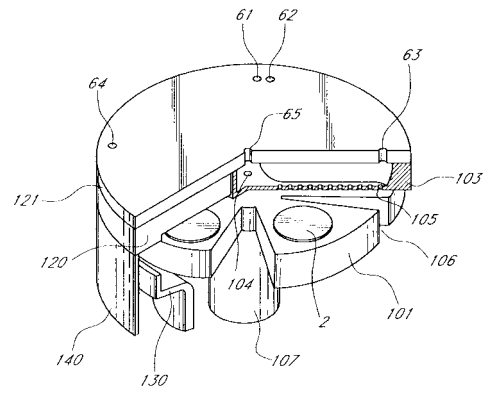
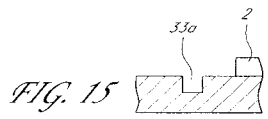
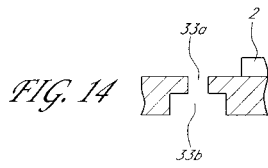
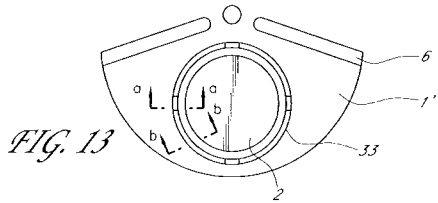
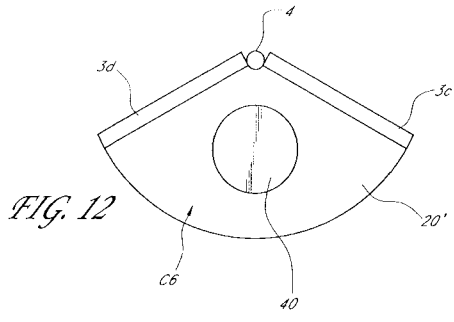


FIG. 16

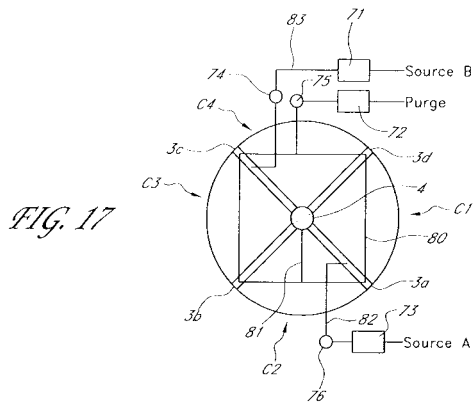


FIG. 17

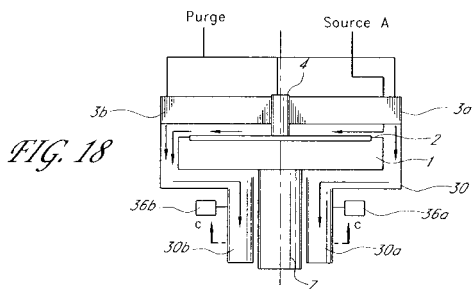


FIG. 18

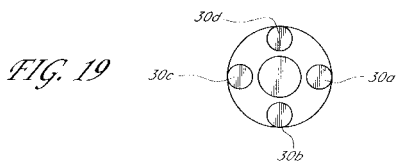


FIG. 19

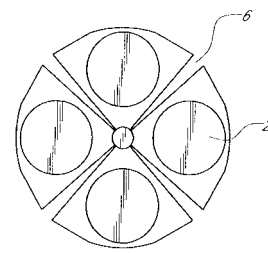


FIG. 20

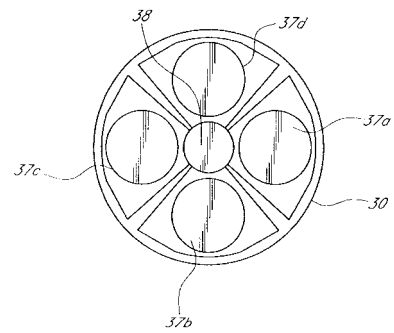


FIG. 21

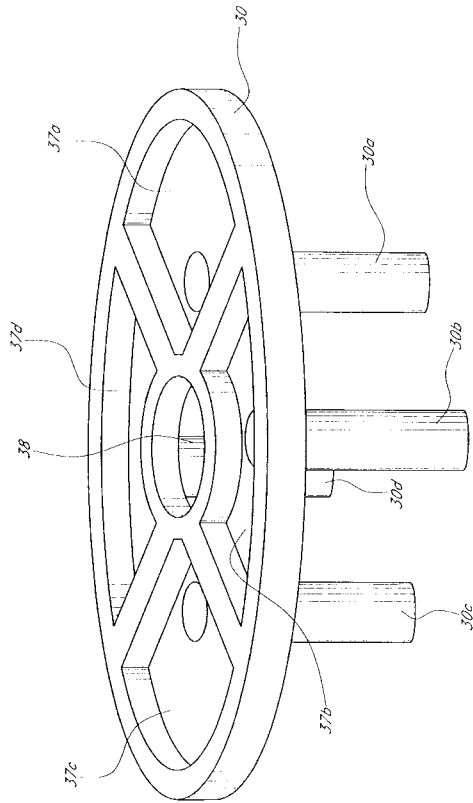


FIG. 22

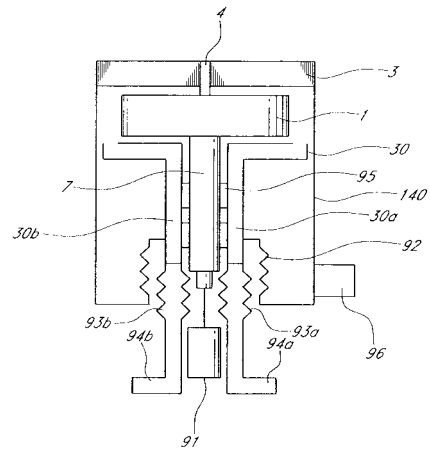


FIG. 23

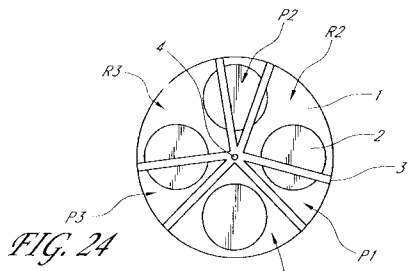


FIG. 24

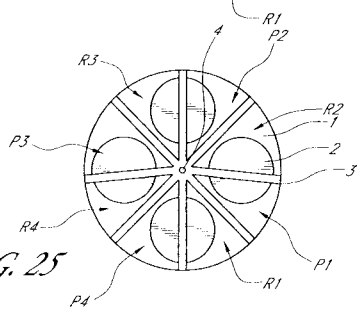


FIG. 25

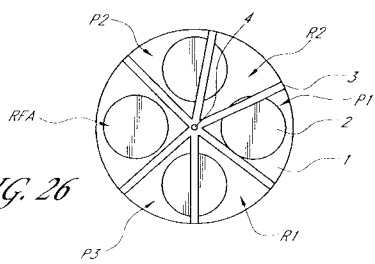


FIG. 26

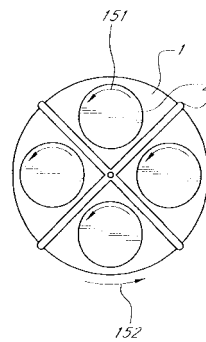


FIG. 27

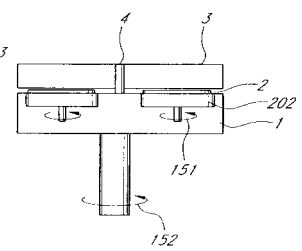


FIG. 28

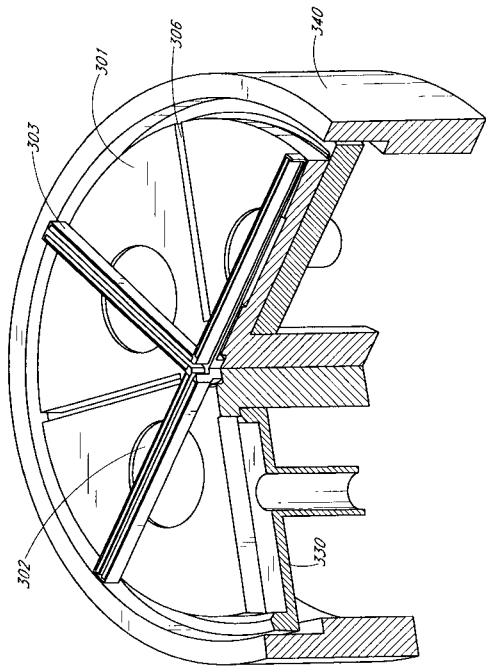


FIG. 29

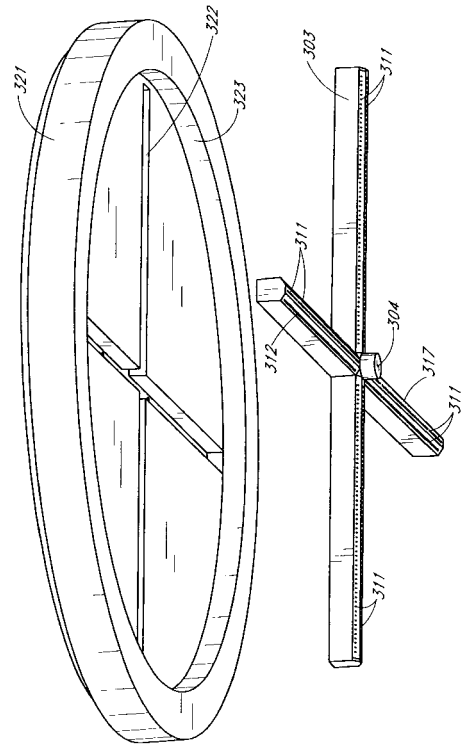


FIG. 30

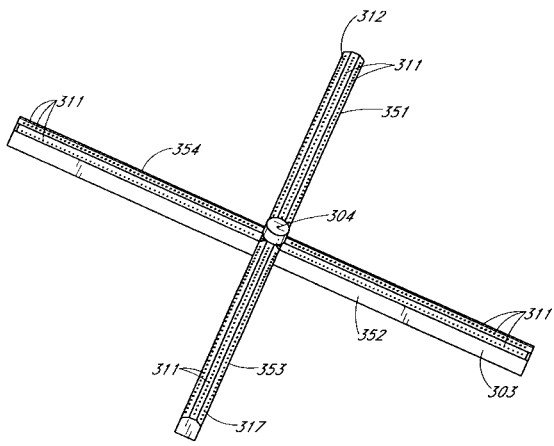


FIG. 31

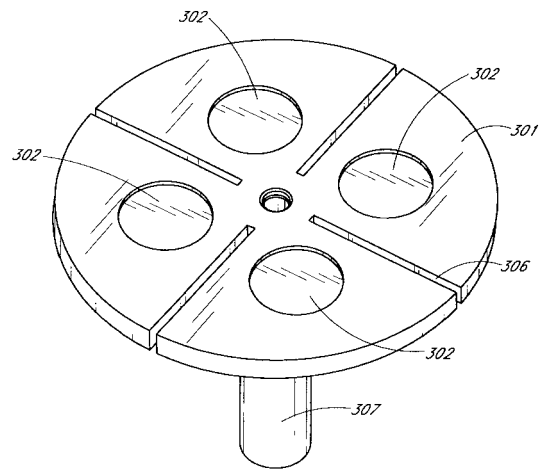


FIG. 32

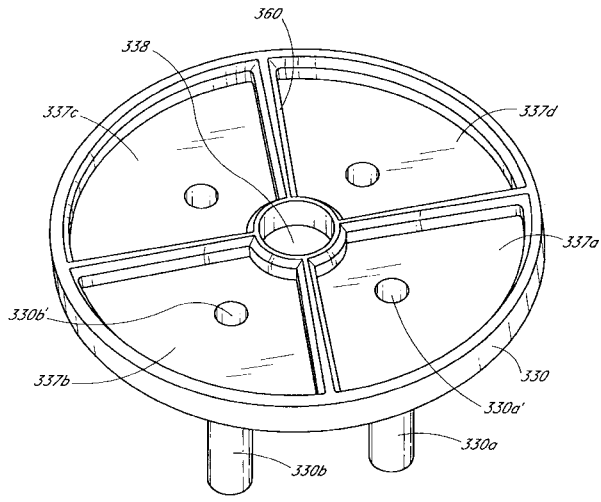


FIG. 33

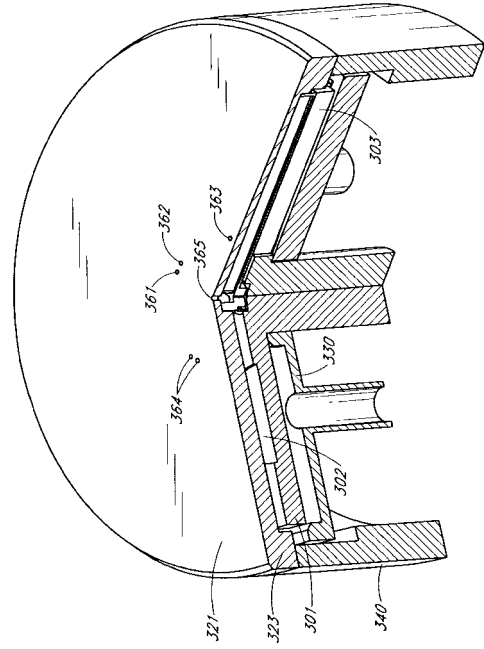


FIG. 34