

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5812606号  
(P5812606)

(45) 発行日 平成27年11月17日 (2015.11.17)

(24) 登録日 平成27年10月2日 (2015.10.2)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/31 (2006.01)  
 B 6 5 G 49/07 (2006.01)  
 HO 1 L 21/677 (2006.01)  
 HO 1 L 21/318 (2006.01)  
 C 2 3 C 16/507 (2006.01)

HO 1 L 21/31 C  
 B 6 5 G 49/07 B  
 HO 1 L 21/68 A  
 HO 1 L 21/318 B  
 C 2 3 C 16/507

請求項の数 5 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2011-515 (P2011-515)  
 (22) 出願日 平成23年1月5日 (2011.1.5)  
 (65) 公開番号 特開2011-222960 (P2011-222960A)  
 (43) 公開日 平成23年11月4日 (2011.11.4)  
 審査請求日 平成25年12月25日 (2013.12.25)  
 (31) 優先権主張番号 特願2010-41576 (P2010-41576)  
 (32) 優先日 平成22年2月26日 (2010.2.26)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2010-67880 (P2010-67880)  
 (32) 優先日 平成22年3月24日 (2010.3.24)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001122  
 株式会社日立国際電気  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 (74) 代理人 110000039  
 特許業務法人アイ・ピー・ウィン  
 (72) 発明者 豊田 一行  
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株  
 式会社日立国際電気内  
 (72) 発明者 笠原 修  
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株  
 式会社日立国際電気内  
 (72) 発明者 ▲ひろせ▼ 義朋  
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株  
 式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理室内に設けられ、基板載置面に基板を支持する基板支持部と、  
 前記基板支持部を移動させる基板支持部移動機構と、  
 第一のガスを第一のガス供給孔から供給する第一のガス供給部と、  
 第二のガスを第二のガス供給孔から供給する第二のガス供給部と、  
 前記処理室に不活性ガスを第三のガス供給孔から供給する第三のガス供給部と、  
 前記第一のガスを第一のガス排気孔から排気する第一の排気部と、  
 前記第二のガスを第二のガス排気孔から排気する第二の排気部と、  
 前記基板支持部移動機構、前記第一のガス供給部、前記第二のガス供給部、前記第三の  
 ガス供給部及び前記排気部を少なくとも制御して、前記基板を処理する制御部と、  
 を有し、  
 前記第一のガス供給孔はシャワーヘッドにより構成され、  
 前記第二のガス供給部には、前記第二のガスを活性化するプラズマ源を構成する電極が  
 設けられ、  
 前記第一のガス供給孔、前記第一のガス排気孔、前記第二のガス供給孔、及び前記第二  
 のガス排気孔は、前記基板載置面よりも重力方向に対して上方であって、前記基板載置面  
 と対向する位置に設けられ、  
 前記第一のガス排気孔は、前記第一のガス供給孔を構成するシャワーヘッドの外周に沿  
 って全周を囲むように設けられ、

10

20

前記第二のガス排気孔は、前記第二のガス供給部の前記第二のガス供給孔及び前記電極の全周を囲み、且つ、前記電極の外周に沿うように設けられ、

前記第三のガス供給孔は、前記第一のガス排気孔及び前記第二のガス排気孔の間の領域に設けられ、

前記制御部は、前記基板支持部に載置された前記基板を移動させながら、前記基板に対して、前記第一のガスによる吸着と、前記不活性ガスによるパージと、前記プラズマ源により活性化された前記第二のガスによる改質を、前記第一のガスと前記第二のガスとの混合を防ぎつつ実行する基板処理装置。

【請求項 2】

前記第二のガス供給部には、リモートプラズマ機構が更に設けられている請求項 1 記載の基板処理装置。

【請求項 3】

前記プラズマ源は、ICP プラズマ源である請求項 1 記載の基板処理装置。

【請求項 4】

前記基板支持部は、回転軸を中心に回転し、

前記第一のガス供給部及び前記第二のガス供給部とは、前記回転軸の回転方向に対して交互に配置されるとともに、前記回転軸から離れるほどガス供給量が多くなるように構成されている請求項 1 記載の基板処理装置。

【請求項 5】

処理室内に設けられ、基板を支持する基板支持部と、

前記基板支持部を移動させる基板支持部移動機構と、

第一のガスを第一のガス供給孔から供給する第一のガス供給部と、

第二のガスを第二のガス供給孔から供給する第二のガス供給部と、

前記処理室に不活性ガスを第三のガス供給孔から供給する第三のガス供給部と、

前記第一のガスを第一のガス排気孔から排気する第一の排気部と、

前記第二のガスを第二のガス排気孔から排気する第二の排気部と、

前記基板支持部移動機構、前記第一のガス供給部、前記第二のガス供給部、前記第三のガス供給部及び前記排気部を少なくとも制御して、前記基板を処理する制御部と、を有し、

前記第一のガス供給孔はシャワーヘッドにより構成され、

前記第二のガス供給部には、前記第二のガスを活性化するプラズマ源を構成する電極が設けられ、

前記第一のガス供給孔、前記第一のガス排気孔、前記第二のガス供給孔、及び前記第二のガス排気孔は、前記基板載置面よりも重力方向に対して上方であって、前記基板載置面と対向する位置に設けられ、

前記第一のガス排気孔は、前記第一のガス供給孔を構成するシャワーヘッドの外周に沿って全周を囲むように設けられ、

前記第二のガス排気孔は、前記第二のガス供給部の前記第二のガス供給孔及び前記電極の全周を囲み、且つ、前記電極の外周に沿うように設けられ、

前記第三のガス供給孔は、前記第一のガス排気孔及び前記第二のガス排気孔の間の領域に設けられる基板処理装置を用いた半導体装置の製造方法であって、

各ガス供給部から各ガスを供給しつつ前記各排気部からガスを排気するガス供給 / 排気工程と、

前記ガス供給 / 排気工程の間、前記基板支持部を移動させる移動工程と、を有し、

前記移動工程においては、前記基板支持部に載置された前記基板を移動させながら、前記基板に対して、前記第一のガスによる吸着と、前記不活性ガスによるパージと、活性化された前記第二のガスによる改質が、前記第一のガスと前記第二のガスとの混合を防ぎつつ実行される半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、基板上に薄膜を形成、もしくは形成されている膜を改質などする基板処理装置及び半導体装置の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【 0 0 0 2 】

基板を複数枚一括で処理する所謂バッチ装置として、複数枚の基板を縦に積み上げ、一括で処理をする縦型の基板処理装置が挙げられる（特許文献 1）。また、処理室内の基板支持台に基板を載置し、1枚ずつ処理する基板処理装置が挙げられる（特許文献 2）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

10

## 【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 1 5 6 6 9 5 号

【特許文献 2】特開平 1 1 - 2 8 8 7 9 8 号

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 4 】

基板を処理する装置として、1枚の基板を処理する枚葉装置がある。枚葉装置は、1枚ずつ処理をするため、緻密な処理が可能であることが知られている。また、基板の大型化が検討されている昨今では、機構強度の観点から、複数の基板を積み重ねて処理をするバッチ装置より枚葉装置で処理することが検討されている。

20

しかしながら、枚葉装置は、1枚ずつ処理をするためスループットが低いという問題がある。

## 【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、基板処理装置において、緻密な基板処理をしつつ、スループットを向上させることができる基板処理装置及び半導体装置の製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 6 】

前記した課題を解決するための手段のうち代表的なものは、次の通りである。

処理室内に設けられ、基板を支持する基板支持部と、前記基板支持部を移動する基板支持部移動機構と、前記処理室にガスを供給するガス供給部と、前記処理室のガスを排気する排気部と、前記基板支持部と対向するように設けられたプラズマ生成部と、を有する基板処理装置。

30

## 【 0 0 0 7 】

更には、次の通りである。

処理室内に設けられ、基板を支持する複数の基板支持部と、前記基板支持部を移動する基板支持部移動機構と、前記処理室にガスを供給するガス供給部と、前記処理室のガスを排気する排気部と、前記基板支持部と対向するように設けられたプラズマ生成部と、を有する基板処理装置を用いた半導体装置の製造方法であって、前記ガス供給部からガスを供給しつつ前記排気部からガスを排気するガス供給／排気工程と、前記ガス供給／排気工程の間、複数の前記基板支持部を移動する移動工程と、を有する半導体装置の製造方法。

40

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 8 】

この基板処理装置及び半導体装置の製造方法によれば、枚葉装置の緻密な処理を可能としつつ、処理スループットを向上させることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 9 】

【図 1】本発明の第一実施形態である基板処理装置を示す平面図である。

【図 2】その一部省略切断斜視図である。

【図 3】その一部省略側面断面図である。

【図 4】本発明の第二実施形態である基板処理装置を示す一部省略側面断面図である。

50

【図 5】本発明の第三実施形態である基板処理装置を示す一部省略側面断面図である。

【図 6】本発明の第四実施形態である基板処理装置を示す平面図である。

【図 7】本発明の第四実施形態に係る基板処理装置の側面図及び上面図である。

【図 8】本発明の第四実施形態に係るシャワーヘッドの拡大図である。

【図 9】本発明の第四実施形態における、ウエハを載置した場合の説明図である。

【図 10】本発明の第四実施形態に係る基板処理装置の排気系統を説明する説明図である。

【図 11】本発明の第四実施形態に係る基板処理装置のガスの流れを説明する説明図である。

【図 12】本発明の第五実施形態に係る基板処理装置の側面図及び上面図である。

10

【図 13】本発明の第五実施形態に係るプラズマ生成源及びその周辺を説明する説明図である。

【図 14】本発明の第六実施形態である基板処理装置を示す平面図である。

【図 15】比較例としての基板処理装置の側面図及び上面図である。

【図 16】比較例における、ウエハを載置した場合の説明図である。

【図 17】比較例に係る基板処理装置の排気系統を説明する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

< 第一の実施形態 >

以下、本発明に係る第一の実施形態を図面に即して説明する。

20

【0011】

図 1 ~ 図 3 は、本発明の第一実施形態を示している。

本実施形態において、本発明に係る基板処理装置 10 は、半導体集積回路装置（以下、半導体装置という）の製造方法において、半導体装置が形成される基板としての半導体ウエハ（以下、ウエハ 18 という）にプラズマ処理を施す基板処理装置として構成されている。

【0012】

本実施形態に係る基板処理装置 10 は、処理室 12 を形成した筐体 11 を備えている。筐体 11 は長方形筒形状に形成されており、筒中空部が処理室 12 を形成している。

【0013】

筐体 11 の正面壁には入口 13 が開設されており、入口 13 と対向する筐体 11 の他方の壁には出口 14 が開設されている。入口 13 はゲート 13 A によって開閉されるように構成されており、出口 14 はゲート 14 A によって開閉されるように構成されている。

30

【0014】

図 1 に記載のように、筐体 11 の入口 13 を有する壁には入口側予備室 33 が連結され、出口 14 を有する壁には出口側予備室 34 がそれぞれ連結されている。両予備室 33、34 は減圧可能に構成されている。

入口側予備室 33 には予備室ヒータ 33 A が設けられ、筐体 11 に入る前に、ウエハ 18 を加熱する構成としている。また、出口側予備室 34 には予備室冷却機構 34 A が設けられ、筐体 11 内で加熱されたウエハ 18 を冷却する構造としている。

40

なお、図 2 では説明の便宜上、各予備室 33、34 を省略している。

【0015】

基板処理装置 10 には制御部 80 が設けられており、制御部 80 によって各構成を制御している。

【0016】

処理室 12 内には複数枚の基板保持具 17（基板支持部、後述する）を間隔をあけて並べて移動させる基板支持部移動機構としてのコンペア 15 が全長にわたって水平に敷設されている。

コンペア 15 は回転するローラ 16 を複数本備えており、各ローラ 16 の回転によって移動（搬送）対象物としてのウエハ 18 を支持した基板保持具 17 を搬送するように構成

50

されている。コンベア 15 の幅は、基板保持具 17 の幅よりも大きく設定されている。

また、処理室 12 は複数枚、例えば 4 枚の基板保持具 17 を等しいピッチをもって並べて搬送し得る長さに設定されている。

#### 【0017】

基板保持具 17 は正方形の平板形状に形成されており、外径がウエハ 18 の直径よりも大きく設定されている。基板保持具 17 は、この基板保持具 17 のうち、ローラ 16 と向かい合わない面（以下、上面とする）に没設された保持穴 17a にウエハ 18 を収納することにより、ウエハ 18 を位置決めして着脱自在に保持するように構成されている。

#### 【0018】

図 1、図 2 に示されているように、筐体 11 の天井壁には、一对の電極を有するプラズマ生成装置 20 が複数台、本実施例においては 4 台、コンベア 15 の搬送方向（以下、前後方向とする）に等しいピッチをもってそれぞれ配置されている。

プラズマ生成装置 20 は後述するように電極を有しており、電極に電力を投入することで、処理室 12 内に供給された処理ガスをプラズマ状態とする。

#### 【0019】

処理室 12 の側壁には、処理室 12 内のガスを排気するガス排気口 19a が形成されており、このガス排気口 19a にはガス排気管 19b が接続されるように設けられている。

ガス排気管 19b は、複数台のプラズマ生成装置 20 それぞれに対応するように設けられている。ガス排気管 19b は下流で合流し、ガス排気管 19b の合流した箇所には、上流から順に、圧力調整バルブ 19c と、排気装置としての真空ポンプ 19d とが設けられており、この圧力調整バルブ 19c の開度を調整することで、処理室 12 内の圧力が所定の値に調整される。

#### 【0020】

ガス排気口 19a とガス排気管 19b と圧力調整バルブ 19c と真空ポンプ 19d とから、ガス排気部 19 が構成される。

圧力調整バルブ 19c と真空ポンプ 19d とは、制御部 80 と電氣的に接続されており、制御部 80 により圧力調整制御される。

なお、図 2 では説明の便宜上、ガス排気部 19 を省略している。

#### 【0021】

図 3 に示されているように、本実施形態に係るプラズマ生成装置 20 は、絶縁材料が用いられて正方形枠形状に形成されたブラケット 21 を備えている。ブラケット 21 は筐体 11 の天井壁に建て込まれて固定されており、ブラケット 21 の枠内にはホルダ 22 が嵌め込まれている。

#### 【0022】

ホルダ 22 は、石英（ $\text{SiO}_2$ ）等の誘電体が用いられて正方形板形状に形成されている。ホルダ 22 の上面には、基板保持具 17 の進行方向と直交する方向に、複数条（図示例では 8 条）の細い長方形の長溝 22a が等しいピッチをもって整列されて、一定深さに没設されている。

#### 【0023】

プラズマ生成装置 20 は一对の電極としてのくし型電極対 23 を備えており、くし型電極対 23 はアノード電極 24 及びカソード電極 25 を複数組（図示例では 4 組）備えている。アノード電極 24 及びカソード電極 25 は細長い長方形平板形状にそれぞれ形成されており、隣り合う長溝 22a、22a にそれぞれ収納されている。すなわち、各電極 24、25 はウエハ 18 の進行方向と直行するように設けられている。

プラズマ 30 は、各電極 24、25 の間であって、これらの電極 24、25 の延伸方向に生成される。

#### 【0024】

各電極 24、25 をウエハ 18 の進行方向に対して直行方向に配置することで、生成されたプラズマ 30 がウエハ 18 の表面を走査する。従って、ウエハ 18 上に均一にプラズマ 30 を晒すことができる。

10

20

30

40

50

仮にウエハ 1 8 の進行方向と電極 2 4、2 5 を並行にした場合、ウエハ 1 8 上に進行方向と並行にプラズマ 3 0 が生成されるため、膜厚がまだらとなってしまう。

【 0 0 2 5 】

長溝 2 2 a、2 2 a にそれぞれ収納されたアノード電極 2 4 及びカソード電極 2 5 は、長溝 2 2 a の底壁 2 2 b によって処理室 1 2 から分離されている。

このように、くし型電極対 2 3 と処理室 1 2 との間に誘電体製のホルダ 2 2 が設けられるため、電極 2 4、2 5 がプラズマ 3 0 によって削られて生成される金属片による金属汚染を防止することができる。このとき、底壁 2 2 b は、プラズマ 3 0 を生成できる程度の厚みであって、ウエハ 1 8 への薄膜形成に支障のない厚みとする。

【 0 0 2 6 】

プラズマ生成装置 2 0 には高周波電源 2 6 が接続されており、高周波電源 2 6 は整合器 2 7 及び絶縁トランス 2 8 を介して、くし型電極対 2 3 に接続されている。すなわち、高周波電源 2 6 は、整合器 2 7 を介して絶縁トランス 2 8 の一次側に接続されており、絶縁トランス 2 8 の二次側にはくし型電極対 2 3 が接続されている。くし型電極対 2 3 の複数組のアノード電極 2 4 及びカソード電極 2 5 は、絶縁トランス 2 8 に並列に接続されている。

【 0 0 2 7 】

高周波電源 2 6 や整合器 2 7 及び絶縁トランス 2 8 は、筐体 1 1 の天井壁上に配置された配電盤 2 9 に格納されている（図 1 及び図 2 参照）。

なお、プラズマ生成装置 2 0、高周波電源 2 6、整合器 2 7、絶縁トランス 2 8 をプラズマ生成部と呼ぶ。

【 0 0 2 8 】

なお、本実施形態では、入口 1 3 から出口 1 4 に向かって、それぞれ隣接するプラズマ生成部を、第一のプラズマ生成部、第二のプラズマ生成部、第三のプラズマ生成部・・・と呼ぶ。

同様に、入口 1 3 から出口 1 4 に向かって、それぞれ隣接するプラズマ生成装置を、第一のプラズマ生成装置、第二のプラズマ生成装置、第三のプラズマ生成装置・・・と呼ぶ。

【 0 0 2 9 】

底壁 2 2 b の内、ウエハ 1 8 と対向する面は、ウエハ 1 8 表面と略平行になるように構成する。すなわち、底壁 2 2 b はコンベア 1 5 と略平行になるように構成する。このような形状とすることで、ウエハ 1 8 面上に均一にプラズマ 3 0 を晒すことが可能となる。

【 0 0 3 0 】

筐体 1 1 の天井壁にはガス供給口 3 1 a が開設されており、ガス供給口 3 1 a にはガス供給管 3 1 b の一端が接続されている。ガス供給管 3 1 b には、上流から順に、ガス供給源 3 1 e、ガス流量を調整する流量制御装置 3 1 d、ガス流路を開閉するバルブ 3 1 c が設けられている。バルブ 3 1 c を開閉することで、ガス供給管 3 1 b から処理室 1 2 内にガスが供給され、又は供給停止される。

【 0 0 3 1 】

ガス供給口 3 1 a とガス供給管 3 1 b とバルブ 3 1 c と流量制御装置 3 1 d とガス供給源 3 1 e とから、ガス供給部 3 1 が構成される。流量制御装置 3 1 d とバルブ 3 1 c は、制御部 8 0 と電気的に接続されており、制御部 8 0 により制御される。

【 0 0 3 2 】

筐体 1 1 の底にはヒータ 3 2 が設けられており、このヒータ 3 2 は、コンベア 1 5 により搬送されるウエハ 1 8 や基板保持具 1 7 を加熱する。

【 0 0 3 3 】

次に、以上の構成に係る基板処理装置 1 0 の作用及び効果を説明する。各構成の動作は、制御部 8 0 により制御される。

【 0 0 3 4 】

ウエハ 1 8 が搭載された基板保持具 1 7 は、入口側予備室 3 3 に搬入される。入口側予

10

20

30

40

50

備室 33 では、予備室ヒータ 33A が基板保持具 17 及びウエハ 18 を加熱する。加熱と同時に、入口側予備室 33 内を、筐体 11 と略同じ圧力とする。

また、筐体 11 はガス排気部 19 及びガス供給部 31 の協働により、一定の圧力に維持されている。

【0035】

ウエハ 18 が所定の温度に加熱された後、ゲート 13A が開放され、基板保持具 17 がコンベア 15 上へ載置される。載置された後、ゲート 13A が閉じ、筐体 11 と入口側予備室 33 が区画される。

【0036】

ウエハ 18 を予め保持した第一の基板保持具 17 は入口 13 から搬入され、コンベア 15 上に載置される。コンベア 15 上に載置された基板保持具 17 及び基板保持具 17 上のウエハ 18 は、ヒータ 32 によって加熱されて、予め設定された処理温度に維持される。

【0037】

最初に処理する基板保持具 17 (第一の基板保持具 17) が 1 台目のプラズマ生成装置 20 (第一のプラズマ生成装置 20) に対向した状態になるように、コンベア 15 が第一の基板保持具 17 を搬送して停止する。

この状態で、図 3 に示されているように、ガス供給部 31 からガスを供給した後、プラズマ生成装置 20 がプラズマ 30 を基板保持具 17 上に生成し、ウエハ 18 にプラズマ処理を施す。

このとき、入口側予備室 33 には次の第二の基板保持具 17 が待機している。

【0038】

予め設定された処理時間が経過すると、入口側予備室 33 から筐体 11 へ第二の基板保持具 17 を搬送する。このとき、第一の基板保持具 17 と第二の基板保持具 17 との距離を、第一のプラズマ生成装置 20 と第二のプラズマ生成装置 20 との間の距離と同じくするよう、第二の基板保持具 17 をコンベア上に載置する。

【0039】

コンベア 15 は第一の基板保持具 17 が第二のプラズマ生成装置と対向した状態となるように搬送する。更には第二の基板保持具 17 が第一のプラズマ生成装置 20 と対向した状態となるよう、第一の基板保持具 17 及び第二の基板保持具 17 を搬送する。

このとき、入口側予備室 33 に第三の基板保持具 17 を載置する。

【0040】

このように、基板保持具 17 が順次搬入され、各プラズマ生成装置 20 の下でウエハ 18 がプラズマ処理される。

各プラズマ生成装置 20 の下で順次処理することで、例えば、所望の膜厚を堆積することが可能となる。

【0041】

出口 14 に最も近いプラズマ生成装置 20 でプラズマ処理を施されたウエハ 18 は、次のように筐体 11 から搬出される。

まず、出口 14 に最も近いプラズマ生成装置 20 で所定の時間、ウエハ 18 が処理された後、出口 14 のゲート 14A が開放される。開放されたら、図示しない搬送機構によって出口側予備室 34 へ搬出される。搬出された後、ゲート 14A を閉じる。

【0042】

出口側予備室 34 では、搬送された基板保持具 17 が予備室冷却機構 34A によって冷却される。同時に、ウエハ 18 が冷却される。

このようにすることで、ウエハ 18 を素早く冷却することが可能となるため、高温状態のウエハ 18 を搬入できない他の装置にも、素早く移載することが可能となる。

【0043】

ところで、例えば、プラズマ生成装置が容量結合型平行平板電極であって一方の電極が連続的に移動する基板保持具によって構成されている場合、次のような問題がある。

ウエハ 18 を保持した基板保持具を連続的に移動させながらウエハ 18 にプラズマ処理

10

20

30

40

50

を施すと、基板保持具を連続的に移動する場合、すなわち、移動することによって上部電極と下部電極の位置関係にズレが起きた場合に、平行平板電極間に生成されるプラズマの形成状態（体積や密度、電子温度など）が変化するので、ウエハ１８にプラズマ処理を均一に施すことができない。

#### 【００４４】

本実施形態においては、ウエハ１８や基板保持具１７、コンベア１５等の影響を受けずに、プラズマ生成装置２０の各電極によりプラズマ３０を生成することができるので、ウエハ１８を保持した基板保持具１７をコンベア１５によって連続的に移動させても、プラズマ生成状態に影響を及ぼさない。

したがって、基板保持具１７をコンベア１５によって連続的に移動させても、ウエハ１８に対してプラズマ処理を均一に施すことができる。更には、筐体１１にて複数枚連続してウエハ１８を処理することが可能であるので、従来の枚葉装置に比べスループットを高くすることができる。

#### 【００４５】

##### < 第二の実施形態 >

図４は本発明の第二の実施形態を示している。

本実施形態が第一実施形態と異なる点は、くし型電極対２３を保持するホルダ２２Ａが平板形状に形成されており、くし型電極対２３がホルダ２２Ａの処理室１２内側端面に配置されて、プラズマ３０と接触するように構成されている点、である。他の構成においては、第一の実施例と同様の構成である。

#### 【００４６】

本実施形態においては、くし型電極対２３が石英等の誘電体を介していない。言い換えれば、くし型電極対２３が処理室１２と連通した状態としている。このような構成とした場合、底壁２２ｂの存在する第一の実施例に比べて、くし型電極対２３から発生する電界が維持される。従って、第一の実施形態よりも効率的にプラズマ３０を生成することが可能となる。

また、供給するガスとして腐食性ガスを使用する場合には、くし型電極対２３が劣化したりエッチングされたりする。そこで、炭化シリコン（SiC）等の材料を用いてくし型電極対２３を構成することにより、寿命を延ばすことが可能となる。

#### 【００４７】

##### < 第三の実施形態 >

図５は本発明の第三の実施形態を示している。

本実施形態が第一実施形態と異なる点は、プラズマ生成装置２０に相当するプラズマ生成装置が誘導結合方式（誘導結合型装置２０Ｂ）である点である。他の構成においては、第一の実施例と同様の構成である。

#### 【００４８】

以下に、誘導結合型装置２０Ｂを図５を用いて説明する。

誘導結合型装置２０Ｂは、ブラケット４１を備えている。ブラケット４１は筐体１１の天井壁に建て込まれて固定されており、ブラケット４１の枠内にはドーム４２が嵌め込まれている。

ドーム４２は、酸化アルミニウムまたは石英等の非金属材料が使用されてドーム形状に形成されている。ドーム４２の外周にはコイル４３が設置されており、コイル４３には高周波電力を印加する高周波電源４４が、整合器４５及び絶縁トランス４６を介して接続されている。

高周波電源４４、整合器４５及び絶縁トランス４６は、筐体１１の天井壁上に配置された図示しない配電盤に格納されている。

#### 【００４９】

誘導結合型装置２０Ｂ、コイル４３、高周波電源４４、整合器４５及び絶縁トランス４６からプラズマ生成部が構成される。コイル４３に高周波電力を投入することで、プラズマ４９が生成される。

## 【 0 0 5 0 】

ドーム 4 2 の天井壁にはガス供給口 4 8 a が開設されており、ガス供給口 4 8 a にはガス供給管 4 8 b の一端が接続されている。ガス供給管 4 8 b には、上流から順に、ガス供給源 4 8 e、ガス流量を調整する流量制御装置 4 8 d、ガス流路を開閉するバルブ 4 8 c が設けられている。このバルブ 4 8 c を開閉することで、ガス供給管 4 8 b から処理室 1 2 内にガスが供給され、又は供給停止される。

## 【 0 0 5 1 】

ガス供給口 4 8 a とガス供給管 4 8 b とバルブ 4 8 c と流量制御装置 4 8 d とガス供給源 4 8 e とから、ガス供給部 4 8 が構成される。流量制御装置 4 8 d とバルブ 4 8 c は、制御部 8 0 と電氣的に接続されており、制御部 8 0 により制御される。

10

## 【 0 0 5 2 】

本実施形態においても、ウエハ 1 8 や基板保持具 1 7、コンベア 1 5 等の影響を受けずに、誘導結合型装置 2 0 B によりプラズマ 4 9 を生成することができるので、ウエハ 1 8 を保持した基板保持具 1 7 をコンベア 1 5 によって連続的に移動させても、プラズマ生成状態に影響を及ぼさない。

したがって、基板保持具 1 7 をコンベア 1 5 によって連続的に移動させても、ウエハ 1 8 に対してプラズマ処理を均一に施すことができる。更には、筐体 1 1 にて複数枚のウエハ 1 8 を連続して処理することが可能なので、従来の枚葉装置に比べスループットを高くすることができる。

20

## 【 0 0 5 3 】

## &lt; 第四の実施形態 &gt;

図 6 から図 1 1 は本発明の第四の実施形態を示している。

本実施形態が第一の実施形態と異なる点は、基板処理装置がロータリー式に構成されている点である。

## 【 0 0 5 4 】

## ( 1 ) 基板処理装置の構成

まず、本実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 の構成について説明する。

図 6 は、第四実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 の一部切断平面図である。

図 7 ( A ) は、本実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 の側面断面図であり、図 7 ( B ) は、図 7 ( A ) の a - a ' 矢視図である。また、図 7 ( A ) は、図 7 ( B ) の b - b ' 矢視図である。

30

図 8 は、第一のシャワーヘッド 1 3 3 (あるいは第二のシャワーヘッド 1 3 7 ) の拡大図である。

図 9 は、ウエハ 1 8 を載置した場合の説明図である。

図 1 0 は、基板処理装置 1 0 0 の排気系統を説明する説明図である。

図 1 1 は、基板処理装置 1 0 0 のガスの流れを説明する説明図である。

## 【 0 0 5 5 】

本実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 は、処理室 1 0 1 を形成した筐体 5 1 を備えている。筐体 5 1 は円筒形状に形成されており、筒中空部が処理室 1 0 1 を形成している。処理室 1 0 1 は、円状の反応室壁 1 0 3 に囲まれて形成されている。

40

筐体 5 1 の側壁には入口 5 3 及び出口 5 4 が隣り合わせに開設されている。入口 5 3 はゲート 5 3 A によって開閉されるように構成されており、出口 5 4 はゲート 5 4 A によって開閉されるように構成されている。

## 【 0 0 5 6 】

筐体 5 1 の入口 5 3 を有する壁には入口側予備室 5 7 が連結され、出口 5 4 を有する壁には出口側予備室 5 8 が連結されている。両予備室 5 7、5 8 は減圧可能に構成されている。

入口側予備室 5 7 には予備室ヒータ 5 7 A が設けられ、筐体 5 1 に入る前に、ウエハ 1 8 を加熱する構成としている。また、出口側予備室 5 8 には予備室冷却機構 5 8 A が設けられ、筐体 5 1 内で加熱されたウエハ 1 8 を冷却する構造としている。

50

## 【 0 0 5 7 】

処理室 1 0 1 内には、支持部材としての複数の基板保持具 1 7（基板支持部）を間隔をあけて並べて移動させる基板支持部移動機構としての回転トレー 1 2 0 が備えられている。処理室 1 0 1 底部には、ウエハ 1 8 を加熱するヒータ 1 0 6 が配設され、回転トレー 1 2 0 はヒータ 1 0 6 の上部に配設されている。

また、回転トレー 1 2 0 は回転駆動部 1 1 9 に連結されている。回転駆動部 1 1 9 が回転軸 1 2 1 を回転させることで回転トレー 1 2 0 が回転する。

## 【 0 0 5 8 】

回転トレー 1 2 0 のウエハ載置面より上の空間には、処理ガスを供給する処理ガス供給部、不活性ガスを供給する不活性ガス供給部、及びガス排気部が設けられている。

10

## 【 0 0 5 9 】

図 7 に示されているように、第一のガス供給部は、複数の供給孔を有する第一のシャワーヘッド 1 3 3、第一のガス導入ポート 1 3 5、ガス供給管 2 0 0 b、ガス流路を開閉するバルブ 2 0 0 c、ガス流量を調整する流量制御装置 2 0 0 d、ガス供給源 2 0 0 e を有する。

ガス供給管 2 0 0 b は、第一のガス導入ポート 1 3 5 に接続しており、このガス供給管 2 0 0 b の上流から順に、ガス供給源 2 0 0 e、流量制御装置 2 0 0 d、バルブ 2 0 0 c が設けられている。バルブ 2 0 0 c を開閉することで、ガス供給管 2 0 0 b から処理室 1 0 1 内にガスが供給、又は供給停止される。

第一のガス供給部は、第一の処理ガス、例えばジクロロシラン（DCS）を供給する。

20

## 【 0 0 6 0 】

第二のガス供給部は、複数の供給孔を有する第二のシャワーヘッド 1 3 7、第二のガス導入ポート 1 3 1、ガス供給管 2 1 2 b、ガス流路を開閉するバルブ 2 1 2 c、ガス流量を調整する流量制御装置 2 1 2 d、ガス供給源 2 1 2 e を有する。

ガス供給管 2 1 2 b は、第二のガス導入ポート 1 3 1 に接続しており、このガス供給管 2 1 2 b には上流から順に、ガス供給源 2 1 2 e、流量制御装置 2 1 2 d、バルブ 2 1 2 c、リモートプラズマ機構 2 1 2 f が設けられている。バルブ 2 1 2 c を開閉することで、ガス供給管 2 1 2 b から処理室 1 0 1 内にガスが供給され、又は供給停止される。

第二のガス供給部は、第二の処理ガスであるアンモニアガスを供給する。本実施形態においては、リモートプラズマ機構 2 1 2 f によって活性化されたアンモニアラジカルを供給する。

30

## 【 0 0 6 1 】

第一のシャワーヘッド 1 3 3 を囲むように、第一の排気孔 1 2 8 a が設けられる。また、第一の排気孔 1 2 8 a は、第一のシャワーヘッド 1 3 3 と同様、回転トレー 1 2 0 のウエハ載置面の上方（重力方向に対して上方）の空間に配置される。

## 【 0 0 6 2 】

図 1 0 に記載のように、第一の排気孔 1 2 8 a は第一の排気経路としての第一の排気管 1 0 4 に接続され、第一の排気管 1 0 4 は第一の圧力調整バルブ（APCバルブ）2 0 4 を介して第一の排気装置としての第一の排気ポンプ 1 0 7 に接続される。

第一の排気孔 1 2 8 a、第一の排気管 1 0 4、第一の排気ポンプ 1 0 7、及び第一の APCバルブ 2 0 4 を含めて第一の排気部と呼ぶ。

40

## 【 0 0 6 3 】

同様に、第二のシャワーヘッド 1 3 7 を囲むように、第二の排気孔 1 2 8 b が設けられる。また、第二の排気孔 1 2 8 b は、第二のシャワーヘッド 1 3 7 と同様、回転トレー 1 2 0 のウエハ載置面の上方（重力方向に対して上方）の空間に配置される。

## 【 0 0 6 4 】

図 1 0 に記載のように、第二の排気孔 1 2 8 b は、第一の排気経路と異なる第二の排気経路としての第二の排気管 1 0 5 に接続され、第二の排気管 1 0 5 は第二の圧力調整バルブ（APCバルブ）2 0 6 を介して第二の排気装置としての第二の排気ポンプ 1 0 8 に接続される。

50

第二の排気孔 1 2 8 b、第二の排気管 1 0 5、第二の排気ポンプ 1 0 8、及び第二のAP Cバルブ 2 0 6 を含めて第二の排気部と呼ぶ。

【 0 0 6 5 】

各シャワーヘッド 1 3 3、1 3 7 のガス供給面は、図 8 に記載のように、回転トレー 1 2 0 の回転軸 1 2 1 から遠い下底 1 5 2 が、回転軸 1 2 1 に近い上底 1 5 1 より長い状態であって、台形状に形成されている。供給面に設けられたガス供給孔は、上底 1 5 1 から下底 1 5 2 にいくほど多く設けられる。

このような構成とすることで、ウエハ 1 8 に対する下底 1 5 2 側のガスが晒される時間を、上底 1 5 1 側のガスが晒される時間に近づけることができる。好ましくは、孔の数を調整することで同等とすることができる。

10

【 0 0 6 6 】

本実施形態において、回転軸 1 2 1 を中心としてウエハ 1 8 が回転した場合、ウエハ 1 8 の表面のうち回転軸 1 2 1 から遠い場所（点）ほど速度が速い。すなわち、回転軸 1 2 1 に近い点と回転軸 1 2 1 に遠い点で速度の差がある。

上記のような構成とすることで、ウエハ 1 8 における、回転軸 1 2 1 に近い点の供給量と回転軸 1 2 1 に遠い点の供給量を近づけることができ、ウエハ 1 8 面に対して、均一な処理（例えば吸着）が可能となる。

【 0 0 6 7 】

仮に、図 1 5 の比較例のような、ウエハ 1 8 における回転軸 1 2 1 に近い点、回転軸 1 2 1 に遠い点でガス供給量が同じである装置を考える。更には、基板処理として吸着処理

20

を考える。この場合、回転軸 1 2 1 から遠い点において均一に吸着するような速度に合わせて回転させることによって、ウエハ 1 8 面内に均一に吸着することが可能となる。回転軸 1 2 1 に近い点では、ウエハ 1 8 に対するガス供給時間が長くなったとしても、セルフリミット現象によって均一に吸着されるためである。ここで、セルフリミット現象とは、処理ガス雰囲気であっても、それ以上膜が成長しない状態を言う。

しかしながら、遠い点における速度で吸着する回転速度に合わせた場合、スループットが低くなるという問題がある。

本実施形態のような構造とすることで、よりスループットの高い処理が可能となる。

【 0 0 6 8 】

30

上底 1 5 1 と下底 1 5 2 の距離、すなわち台形の高さに相当する距離  $h$  は、ウエハ 1 8 の径に相当、もしくはウエハ 1 8 の径より大きくする。このような構造とすることで、回転トレー 1 2 0 上のウエハ 1 8 表面に、確実にガスを供給することが可能となる。

【 0 0 6 9 】

不活性ガス供給部は、第一及び第二のガス排気孔 1 2 8 a、1 2 8 b の間に設けられたシャワー板 1 3 4、ガス導入ポート 1 3 6、ガス供給管 2 0 2 b、ガス流路を開閉するバルブ 2 0 2 c、ガス流量を調整する流量制御装置 2 0 2 d、ガス供給源 2 0 2 e を有する。

ガス供給管 2 0 2 b は、ガス導入ポート 1 3 6 に接続しており、このガス供給管 2 0 2 b の上流から順に、ガス供給源 2 0 2 e、流量制御装置 2 0 2 d、バルブ 2 0 2 c が設け

40

られている。バルブ 2 0 2 c を開閉することで、ガス供給管 2 0 2 b から処理室 1 0 1 内にガスが供給され、又は供給停止される。

シャワー板 1 3 4 は、ガス導入ポート 1 3 6 から供給された不活性ガス（例えば窒素）を、処理室 1 0 1 内に均等に供給する。

【 0 0 7 0 】

このように、シャワー板 1 3 4、ガス導入ポート 1 3 6、ガス供給管 2 0 2 b、ガス流路を開閉するバルブ 2 0 2 c、ガス流量を調整する流量制御装置 2 0 2 d、ガス供給源 2 0 2 e により、第三のガス供給部としての不活性ガス供給部が構成される。

【 0 0 7 1 】

第一のシャワーヘッド 1 3 3、第二のシャワーヘッド 1 3 7、シャワー板 1 3 4 は、図

50

7 (B) のように配置されている。

すなわち、第一のシャワーヘッド 133、第二のシャワーヘッド 137 は、回転トレー 120 の回転軸 121 を中心として、水平方向に交互に配置されている (回転軸 121 の回転方向に対して交互に配置されている)。また、シャワー板 134 は、それぞれ各排気孔 128a、128b 内に間隙を設けるように配置されている。

【0072】

回転駆動部 119、ガス供給部、ガス排気部等は、制御部 80 に電氣的に接続されている。制御部 80 は、これらの構成を制御する。

【0073】

(2) 基板処理工程

次に、上述の基板処理装置 100 により実施される本実施形態に係る半導体装置 (デバイス) の製造工程としての一工程として、基板上に絶縁膜を成膜するシーケンス例について説明する。なお、以下の説明において、上述の半導体製造装置の各部の動作は、制御部 80 により制御される。

【0074】

ここでは第一の元素をシリコン (Si)、第二の元素を窒素 (N) とする。第一の元素を含む処理ガスとしてシリコン含有ガスであるジクロロシラン (DCS) ガス (第一のガス) を、第二の元素を含む処理ガスとして窒素含有ガスであるアンモニア (NH<sub>3</sub>) ガス (第二のガス) を用い、ウェハ 18 上に絶縁膜としてシリコン窒化膜 (SiN 膜) を形成する例について説明する。

【0075】

(ウェハ搬入工程)

まず、入口 53 のゲート 53A を開け、図示しない搬送装置により処理室 101 内に複数のウェハ 18 (ここでは 4 枚) を搬入して、回転軸 121 を中心として回転トレー 120 上に載置する。そして、ゲート 53A を閉じる。

【0076】

(圧力調整工程)

次に、第一及び第二の排気ポンプ 107、108 を作動させ、第一及び第二の APC バルブ 204、206 の開度を調整し、処理室 101 内が所望の圧力 (成膜圧力) になるように制御する。

また、ヒータ 106 に電力を投入し、ウェハ 18 の温度 (成膜温度) を所望の温度 (例えば 350 ) に維持するように制御する。

また、加熱しつつ回転トレー 120 を 1 [回転/秒] で回転させ、更にシャワー板 134 から不活性ガス (ここでは窒素) を供給する。

【0077】

(成膜工程)

回転トレー 120 が回転された状態で、第一のシャワーヘッド 133 から第一の処理ガスである DCS を処理室 101 に供給する。

DCS ガスの供給により、第一のシャワーヘッド 133 の下を通過するウェハ 18 表面の下地膜上に、第一の元素としてのシリコンを含む第一の層が形成される (化学吸着する)。すなわち、ウェハ 18 上 (下地膜上) に 1 原子層未満から数原子層のシリコン含有層としてのシリコン層 (Si 層) が形成される。シリコン含有層は、DCS の化学吸着 (表面吸着) 層であってもよい。なお、シリコンは、それ単独で固体となる元素である。

【0078】

ここでシリコンを含む層とは、シリコンにより構成される連続的な層の他、不連続な層やこれらが重なってできる薄膜をも含む。なお、シリコンにより構成される連続的な層を薄膜という場合もある。

また、DCS の化学吸着層とは、DCS 分子の連続的な化学吸着層の他、不連続な化学吸着層をも含む。

【0079】

10

20

30

40

50

なお、ウエハ 1 8 上に形成されるシリコン含有層の厚さが数原子層を超えると、窒化工程が後続する場合に窒化の作用がシリコン含有層の全体に届かなくなる場合がある。また、ウエハ 1 8 上に形成可能なシリコン含有層の最小値は 1 原子層未満である。

よって、シリコン含有層の厚さは 1 原子層未満から数原子層とするのが好ましい。

#### 【 0 0 8 0 】

なお、ウエハ温度及び処理室 1 0 1 内の圧力等の条件を調整することにより、DCSガスが自己分解する条件下では、ウエハ 1 8 上にシリコンが堆積することでシリコン層が形成され、DCSガスが自己分解しない条件下では、2 ウエハ 1 8 上にDCSが化学吸着することでDCSの化学吸着層が形成されるよう、形成される層を調整することができる。

#### 【 0 0 8 1 】

また、第二のシャワーヘッド 1 3 7 から第二の処理ガスであるアンモニアを、リモートプラズマ機構 2 1 2 f によって活性化された状態（活性種）で供給する。アンモニアガスは、流量制御装置 2 1 2 d によって流量調整される。

NH<sub>3</sub>ガスは反応温度が高く、上記のようなウエハ温度、処理室内圧力では反応しづらいので、プラズマ励起することにより活性種としてから流すようにしている。このためウエハ 1 8 の温度は上述のように設定した低い温度範囲のままでよい。そのため、ヒータ 1 0 6 の温度を変化させる必要がない。

#### 【 0 0 8 2 】

なお、NH<sub>3</sub>ガスを供給する際にプラズマ励起せず、ヒータ 1 0 6 の温度を適正に調整してウエハ 1 8 の温度を例えば600 以上の温度とし、さらに第二のAPCバルブ 2 0 6 を適正に調整して処理室 1 0 1 内の圧力を例えば50 ~ 3000 Paの範囲内の圧力とすることで、NH<sub>3</sub>ガスをノンプラズマで熱的に活性化することも可能である。

なお、NH<sub>3</sub>ガスは熱で活性化させて供給すると、ソフトな反応を生じさせることができるが高温にする必要がある。

#### 【 0 0 8 3 】

このため、高温処理に弱いウエハを処理する場合は熱による活性化は適さない。ここで、高温処理に弱いウエハとは、例えば、アルミニウム等を含む配線を有するウエハである。このようなウエハの場合、高温処理することで、配線が酸化、あるいは、変形するおそれがある。

また、第一のガスによる処理温度（ウエハ温度）も上昇してしまうため、第一のガスによる処理が所望の温度範囲を超えてしまうことが考えられる。

そのため、熱によって活性化したガスを使用する場合は、高温処理でも可能なウエハであって、更には第一のガス処理が高温でも可能な処理であることが望ましい。

#### 【 0 0 8 4 】

一方、プラズマ生成部によりガスを活性化させた場合、次の利点がある。

すなわち、第一のガスと第二のガスで処理するウエハ温度が異なる場合、いずれか低いウエハ温度に合わせてヒータ 1 0 6 を制御すればよい。

そのため、高温処理に弱いウエハにおいても処理が可能となる。

#### 【 0 0 8 5 】

第一のシャワーヘッド 1 3 3 の下から第二のシャワーヘッド 1 3 7 の下へ移動したウエハ 1 8 上には、第一の層としてのシリコン含有層が形成されており、活性種となったNH<sub>3</sub>ガスは、シリコン含有層の一部と反応する。

これによりシリコン含有層は窒化されて、シリコン（第一の元素）及び窒素（第二の元素）を含む第二の層、すなわち、シリコン窒化層（SiN層）へと改質される。

このように、第一のシャワーヘッド 1 3 3 及び第二のシャワーヘッド 1 3 7 の下をウエハ 1 8 が通過し、シリコン窒化膜が形成される処理をシリコン窒化膜形成処理とする。

#### 【 0 0 8 6 】

回転トレイ 1 2 0 と共にウエハ 1 8 が回転することで、ウエハ 1 8 は第一のシャワーヘッド 1 3 3、第二のシャワーヘッド 1 3 7、続いてもう一方の第一のシャワーヘッド 1 3 3、第二のシャワーヘッド 1 3 7 の下を通過する。

10

20

30

40

50

このようなウエハ 18 上へのシリコン窒化膜形成処理を繰り返すことで、所望の膜厚のシリコン窒化膜を形成する。

【0087】

続いて、図 10 及び図 11 を用いて、供給されるガスの流れについて説明する。

第一のシャワーヘッド 133 から供給された DCS ガスは、ウエハ 18 上に晒された後、シャワー板 134 から供給される不活性ガスと共に、第一の排気孔 128 a から排気される。

また、第二のシャワーヘッド 137 から供給された  $\text{NH}_3$  ガスは、ウエハ 18 上に晒された後、シャワー板 134 から供給される不活性ガスと共に、第二の排気孔 128 b から排気される。

10

【0088】

第一の排気管 104、第一の排気孔 128 a によって排気される DCS ガスと、第二の排気管 105、第二の排気孔 128 b によって排気される  $\text{NH}_3$  との間には、シャワー板 134 から供給される不活性ガスが存在するので、DCS ガスと  $\text{NH}_3$  ガスとの混合による気相反応を防ぐことが可能となる。

【0089】

所定時間が経過して所望の膜厚のシリコン窒化膜が形成されたら、バルブ 200 c 等を閉め、DCS 及び  $\text{NH}_3$  ガスの供給を停止する。

【0090】

(真空引き工程)

20

ガス導入ポート 136 のバルブ 202 c を引き続き開として、流量制御装置 202 d により流量調整されたキャリアガス(不活性ガス)である窒素( $\text{N}_2$ )を処理室 101 内に供給する。

このとき、第一の排気管 104 及び第二の排気管 105 それぞれの第一の APC バルブ 204 及び第二の APC バルブ 206 は開状態を維持し、第一の排気ポンプ 107、第二の排気ポンプ 108 により処理室 101 内が 20 Pa 以下となるよう、残ガスを排気する。

これにより、処理室 101 を窒素( $\text{N}_2$ )に置換する。

【0091】

(ウエハ搬出工程)

第一の排気管 104 及び第二の排気管 105 の第一の APC バルブ 204 及び第二の APC バルブ 206 は開状態を維持し、出口側予備室 58 と同程度の圧力(例えば、大気圧)に復帰させる。そして、上述の工程の逆工程により処理済みのウエハ 18 を処理室 101 内から搬出する。

30

【0092】

(3) 本実施形態に係る効果

本実施形態によれば、第一の排気部と第二の排気部との間に設けられた不活性ガスを供給する第三のガス供給部と、ガス供給孔及びガス排気孔の内少なくとも一組のガス供給孔及びガス排気孔とは、前記基板支持部の基板載置面より上に設けられているので、第一のガス供給部から供給される第一のガスと、第二の供給部から供給される第二のガスとの混合を防ぐことができる。

40

【0093】

<第五の実施形態>

図 12、図 13 は本発明の第五の実施形態を示している。

本実施形態が第四の実施形態と異なる点は、プラズマ源 138 によって  $\text{NH}_3$  ガスをプラズマ状態とする点である。

【0094】

具体的には、第四の実施形態に係る基板処理装置 100 では、 $\text{NH}_3$  ガスをリモートプラズマ機構 212 f により活性化したが、本実施形態に係る基板処理装置 100 では、処理室 101 に設けたプラズマ源 138 によって  $\text{NH}_3$  ガスをプラズマ状態とする点で異なる。

【0095】

50

### ( 1 ) 基板処理装置 1 0 0 の構成

本実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 について、図 1 2、1 3 を用いて説明する。

なお、第四の実施形態と同様の番号は、本実施形態においても同様の機能を有する構成のため、説明を省略する。

図 1 2 ( A ) は、本実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 の側面断面図である。図 1 2 ( B ) は、図 1 2 ( A ) の c - c ' 矢視図である。また、図 1 2 ( A ) は、図 1 2 ( B ) の d - d ' 矢視図である。

図 1 3 は、プラズマ源 1 3 8 の拡大図である。

#### 【 0 0 9 6 】

#### ( プラズマ生成部 )

本実施形態においては、第二のガス供給部として、第二のシャワーヘッド 1 3 7 に替わりプラズマ源 1 3 8 を設けている。プラズマ源 1 3 8 では、導電性材料で構成したくし型電極 1 1 3 を石英板 1 1 1 と石英ブロック 1 1 2 で挟むよう構成する。

#### 【 0 0 9 7 】

くし型電極 1 1 3 は、くし形に分割された 2 つの電極をかみ合わせて一体としたもので、両電極に 180 度位相のずれた高周波電力を印加する構造となっている。

くし型電極 1 1 3 の両端には電力供給端子 1 3 0 の一方がそれぞれ接続され、電力供給ポート 1 3 0 の他方は絶縁トランス 1 1 4、整合器 1 1 8 を介して高周波電源 1 1 7 が接続される。

#### 【 0 0 9 8 】

第二の処理ガスである  $\text{NH}_3$  ガスは、ガス導入ポート 1 3 1 から石英板 1 1 1 と石英ブロック 1 1 2 の間に供給される。供給された  $\text{NH}_3$  ガスは、くし型電極 1 1 3 によってプラズマ状態とされ、石英板 1 1 1 に設けた複数の小穴 1 4 2 から処理室 1 0 1 へ供給される。

#### 【 0 0 9 9 】

ガス導入ポート 1 3 1 にはガス供給管 2 1 2 b が接続しており、このガス供給管 2 1 2 b には上流から順に、ガス供給源 2 1 2 e、流量制御装置 2 1 2 d、バルブ 2 1 2 c が設けられている。バルブ 2 1 2 c を開閉することで、ガス供給管 2 1 2 b から処理室 1 0 1 内にガスが供給され、又は供給停止される。

#### 【 0 1 0 0 】

くし型電極 1 1 3 及び石英ブロック 1 1 2 の周囲には、第二の排気管 1 0 5 に通気された電極カバー 1 4 3 が設けられている。電極カバー 1 4 3 と石英ブロック 1 1 2 との間には空間が設けられ、第二の排気孔 1 2 8 b として活用される。

電極カバー 1 4 3 はつば 1 2 7 により、反応室壁 1 0 3 に気密を保持して取り付けられる。

#### 【 0 1 0 1 】

電力供給ポート 1 3 0、ガス導入ポート 1 3 1、及び電極カバー 1 4 3 の接続箇所は、シールリング 1 3 2 に設けた図示しない O リングによって気密を確保している。更に、石英ブロック 1 1 2 を保持するための絶縁ブロック 1 2 2 は、電極カバー 1 4 3 に気密を保持して取り付けられる。

#### 【 0 1 0 2 】

### ( 2 ) 基板処理工程

次に、上述の基板処理装置 1 0 0 により実施される本実施形態に係る半導体装置 ( デバイス ) の製造工程としての一工程として、ウエハ 1 8 上に絶縁膜を成膜するシーケンス例について説明する。

なお、以下の説明において、上述の基板処理装置 1 0 0 の各部の動作は、制御部 8 0 により制御される。

#### 【 0 1 0 3 】

ウエハ搬入工程、圧力調整工程については、第四の実施形態と同様なので説明を省略する。

#### 【 0 1 0 4 】

10

20

30

40

50

(成膜工程)

回転トレー 1 2 0 が回転された状態で、くし型電極 1 1 3 に高周波電力を供給する。

また、回転トレー 1 2 0 が回転された状態で、第一のシャワーヘッド 1 3 3 から第一の処理ガスであるDCSガスを処理室 1 0 1 に供給する。

【 0 1 0 5 】

また、ガス導入ポート 1 3 1 から第二の処理ガスであるアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) を、石英板 1 1 1 と石英ブロック 1 1 2 の間に供給する。アンモニアガスは、流量制御装置 2 1 2 d によって流量調整される。

供給されたアンモニアガスは、くし型電極 1 1 3 に印加された高周波電力によってプラズマ状態とされる。アンモニアプラズマは石英板 1 1 1 の表面 (処理室 1 0 1 側) に生成される。

10

【 0 1 0 6 】

$\text{NH}_3$  ガスは反応温度が高く、上記のようなウエハ温度、処理室内圧力では反応しづらいので、本実施形態においては、プラズマ励起することにより、アンモニアガスの活性種を生成すると共にアンモニアイオンを生成し、その作用を利用している。

このため、ウエハ 1 8 の温度は上述のように設定した低い温度範囲のままでよい。プラズマ状態で改質する場合は、第四の実施形態のリモートプラズマ機構で生成した活性種に比べ、DCSとの反応性を高くすることができる。一方、反応性が高くなることで、よりDCSと $\text{NH}_3$ ガスの混合を抑制する必要がある。

【 0 1 0 7 】

20

プラズマ状態となった $\text{NH}_3$ ガスは、第一のシャワーヘッド 1 3 3 の下からプラズマ源 1 3 8 の下へ移動したウエハ 1 8 上に形成された第一の層としてのシリコン含有層の一部と反応する。

これによりシリコン含有層は窒化されて、シリコン (第一の元素) 及び窒素 (第二の元素) を含む第二の層、すなわち、シリコン窒化層 ( $\text{SiN}$ 層) へと改質される。

このように、第一のシャワーヘッド 1 3 3 及びプラズマ源 1 3 8 の下をウエハ 1 8 が通過し、シリコン窒化膜が形成される処理をシリコン窒化膜形成処理とする。

【 0 1 0 8 】

回転トレー 1 2 0 と共にウエハ 1 8 が回転することで、ウエハ 1 8 は第一のシャワーヘッド 1 3 3、プラズマ源 1 3 8、続いてもう一方の第一のシャワーヘッド 1 3 3、プラズマ源 1 3 8 の下を通過する。

30

このようなウエハ 1 8 上へのシリコン窒化膜形成処理を繰り返すことで、所望の膜厚のシリコン窒化膜を形成する。

【 0 1 0 9 】

続いて、供給されるガスの流れについて説明する。

第一のシャワーヘッド 1 3 3 から供給されたDCSガスは、ウエハ 1 8 上に晒された後、シャワー板 1 3 4 から供給される不活性ガスと共に、第一の排気孔 1 2 8 a から排気される。

また、プラズマ源 1 3 8 から供給されたアンモニアプラズマは、ウエハ 1 8 上に晒された後、シャワー板 1 3 4 から供給される不活性ガスと共に、第二の排気孔 1 2 8 b から排気される。

40

【 0 1 1 0 】

第一の排気管 1 0 4、第一の排気孔 1 2 8 a から排気されるDCSガスと、第二の排気管 1 0 5、第二の排気孔 1 2 8 b から排気される $\text{NH}_3$ との間には、シャワー板 1 3 4 から供給される不活性ガスが存在するので、DCSガスと $\text{NH}_3$ ガスとの混合による気相反応を防ぐことが可能となる。

【 0 1 1 1 】

所定時間が経過して所望の膜厚のシリコン窒化膜が形成されたら、バルブ 2 0 0 c、2 1 2 c を閉め、DCSガス及び $\text{NH}_3$ ガスの供給を停止する。

【 0 1 1 2 】

50

なお、本発明における第五の実施形態では、プラズマ源 1 3 8 としてくし型電極 1 1 3 を例に説明したが、それに限るものではなく、ICP (Inductively Coupled Plasma) 源を用いても良い。

【0 1 1 3】

なお、第四、第五の実施形態においては、シャワーヘッド (第一のシャワーヘッド 1 3 3 及び第二のシャワーヘッド 1 3 7) のガス供給面を台形状として説明したが、これに限らず三角形状としてもよい。すなわち、回転軸 1 2 1 から回転トレー 1 2 0 の端部にいくほど、言い換えれば、回転軸 1 2 1 から離れるほど、ガス供給量を多くするような構造であればよい。

【0 1 1 4】

また、第四、第五の実施形態においては、基板保持具 1 7 でウエハ 1 8 を保持したが、これに限らず、基板保持具 1 7 の替わりに複数のピンによりウエハ 1 8 を保持するようにしてもよい。

【0 1 1 5】

< 第六の実施形態 >

図 1 4 は、本発明の第六の実施形態を示している。

本実施形態が第四の実施形態と異なる点は、プラズマ生成装置 2 0 が 4 台設けられている点で異なる。

【0 1 1 6】

本実施形態において、基板処理装置 1 0 0 には、移動装置としての移動台 5 5 が水平に敷設されている。すなわち、移動台 5 5 は回転するトレー 5 6 を備えており、各トレー 5 6 の回転によって移動 (搬送) 対象物としてのウエハ 1 8 を保持した支持部材としての基板保持具 1 7 を公転させるように構成されている。

【0 1 1 7】

トレー 5 6 は直径がウエハ 1 8 の外径の 2 倍よりも大きく、4 枚のウエハ 1 8 を等しいピッチすなわち 90 度の位相差をもって並べて搬送し得る大きさに設定されている。

図 1 4 に示されているように、筐体 5 1 の天井壁には一対の電極を有するプラズマ生成装置 2 0 が 4 台、回転するトレー 5 6 の回転方向に等しいピッチすなわち 9 0 度の位相差をもってそれぞれ配置されている。

なお、プラズマ生成装置 2 0 は誘導結合型装置 2 0 B (図 5 参照) に置き換えることができる。

【0 1 1 8】

本実施形態においても、他の実施形態と同様にスループットを向上させることができる。

また、本実施形態においても、基板保持具 1 7 を移動台 5 5 によって連続的に移動させても、ウエハ 1 8 に対してプラズマ処理を均一に施すことができる。

【0 1 1 9】

なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変更が可能であることはいうまでもない。

【0 1 2 0】

例えば、プラズマ生成装置は、くし型電極対及び誘導結合型装置によって構成するに限らず、MMT 装置等によって構成してもよい。

【0 1 2 1】

プラズマ生成装置は 4 台設けるに限らず、1 ~ 3 または 5 台以上設けてもよい。

【0 1 2 2】

前記実施形態においては、半導体装置の製造方法においてウエハ 1 8 にプラズマ処理を施す場合について説明したが、本発明はこれに限らず、LCD の製造方法においてガラスパネルにプラズマ処理を施す場合等の基板処理装置全般に適用することができる。

【0 1 2 3】

< 比較例の説明 >

10

20

30

40

50

続いて比較例について、説明する。

( 1 ) 比較例における基板処理装置の構成

比較例の基板処理装置 3 0 0 について、図 1 5 ~ 1 7 を用いて説明する。なお、他の実施形態と同様の番号は、本実施形態においても同様の機能を有する構成のため、説明を省略する。

【 0 1 2 4 】

図 1 5 ( A ) は、本実施形態に係る基板処理装置 3 0 0 の側面断面図である。図 1 5 ( B ) は、図 1 5 ( A ) の g - g ' 矢視図である。

図 1 6 は、ウエハ 1 8 を載置した場合の説明図である。

図 1 7 は、比較例における基板処理装置 3 0 0 の排気系統を説明する図である。

10

【 0 1 2 5 】

図 1 5 は、回転トレー 1 2 0 の上に載置した複数(例では 4 枚)のウエハ 1 8 を回転しながらウエハ 1 8 の表面に薄膜を成膜する装置の断面を示したものである。

g - g ' 矢視図は回転トレー 1 2 0 から処理室 1 0 1 の上側の構造を見た図で、h - h ' 矢視図は処理室 1 0 1 の中央部の断面図で回転トレー 1 2 0 及びヒータ 1 0 6 なども含めて示してある。

【 0 1 2 6 】

処理室 1 0 1 は、反応室壁 1 0 3 で気密に構成され、処理室 1 0 1 の下部には、回転トレー 1 2 0 上の被処理ウエハ 1 8 を加熱するためのヒータ 1 0 6 が設けてある。

ヒータ 1 0 6 の上部には、回転トレー 1 2 0 が回転可能に設けてあり、回転駆動部 1 1 9 が回転トレー 1 2 0 と連結された回転軸 1 2 1 を回転する構造となっている。

20

【 0 1 2 7 】

図 1 6 に示すように、回転トレー 1 2 0 の上には、複数の被処理ウエハ 1 8 を載置できるようになっている。

処理室 1 0 1 の上部には、反応性ガスを供給するためのシャワーヘッド 1 2 3、1 2 4 が設けてあり、それぞれ別のガスを複数のガス吹き出し口 1 2 6 からシャワー状に供給することが可能で、また不活性ガスを供給するための一対のシャワーヘッド 1 1 6 が設けてある。

【 0 1 2 8 】

さらにそれぞれのシャワーヘッド 1 2 3、1 2 4 を仕切るように仕切りブロック 1 2 5 が設けて有り、仕切りブロック 1 2 5 に設けたガス吹き出し口 1 2 6 から不活性ガスを供給して、反応性ガスが処理室 1 0 1 の回転トレー 1 2 0 上で混合するのを抑制する構造となっている。

30

【 0 1 2 9 】

各シャワーヘッド 1 2 3、1 2 4 にはガス供給ポート 1 1 0 が設けてあり、必要なガスをシャワーヘッド 1 2 3、1 2 4 を経由して処理室 1 0 1 内に供給する構造となっている。

【 0 1 3 0 】

図 1 7 は、図 1 5 の g - g ' 矢視図と排気系を模式的に示したものである。

反応室壁 1 0 3 の側面には排気管 1 1 5 が設けてあり、処理室 1 0 1 内のガスを排気装置 1 4 1 ( 図 1 7 参照 ) で排気する構造となっている。

40

【 0 1 3 1 】

ガス導入ポート 1 1 0 にはガス供給管 2 2 2 b が接続しており、このガス供給管 2 2 2 b には上流から順に、ガス供給源 2 2 2 e、流量制御装置 2 2 2 d、バルブ 2 2 2 c が設けられている。バルブ 2 2 2 c を開閉することで、ガス供給管 2 2 2 b から処理室 1 0 1 内にガスが供給され、又は供給停止される。

【 0 1 3 2 】

( 2 ) 基板処理工程

次に比較例の装置による基板処理のシーケンス例を説明する。

ここでは一例としてジクロロシラン(DCS)とリモートプラズマで励起したアンモニア(NH

50

3)の活性種を交互に供給して窒化膜を一層ずつ形成するALD (Atomic Layer Deposition) 法について説明する。

【 0 1 3 3 】

処理室 1 0 1 内を排気装置 1 4 1 で所定の圧力まで排気する。

ウエハ 1 8 を図示しない搬送ロボットで回転トレイ 1 2 0 上に載置する。またヒータ 1 0 6 に電力を投入して回転トレイ 1 2 0 と共にウエハ 1 8 を 350 に加熱する。

【 0 1 3 4 】

ウエハ 1 8 を 4 枚載置した回転トレイ 1 2 0 を 1 [回転/秒]で回転させると共に仕切りブロック 1 2 5 から窒素を供給する。

この状態で二つのシャワーヘッド 1 1 6 からは窒素を供給し、別のシャワーヘッド 1 2 3 から DCS ガスを供給し、もう一つのシャワーヘッド 1 2 4 からはリモートプラズマで励起した  $\text{NH}_3$  ガスを供給する。

【 0 1 3 5 】

回転トレイ 1 2 0 上の一枚のウエハ 1 8 に着目すると、回転トレイ 1 2 0 の回転に伴って順次ジクロロシラン、窒素、アンモニアの活性種、窒素の供給を受ける。

最初にジクロロシランの供給によりウエハ 1 8 にジクロロシラン分子が吸着し、その後窒素の供給で余分なジクロロシランが除去される。

【 0 1 3 6 】

この状態でアンモニアの活性種が供給され化学反応により窒化膜が一層分形成され、次のシャワーヘッドで余分な反応性生物はパージされる。回転トレイ 1 2 0 の回転により上記一連のガス供給が繰り返され、窒化膜が一層ずつ形成されて行く。

【 0 1 3 7 】

ジクロロシランとアンモニアの活性種は、仕切りブロック 1 2 5 から供給される窒素によって回転トレイ 1 2 0 上で混合することが抑制されるため気相反応せず薄膜の堆積は一層ずつ進行する。

しかし、処理室 1 0 1 に供給されたジクロロシランとアンモニアは反応室壁 1 0 3 の側面付近で混合し、排気管 1 1 5 を経由して排気装置 1 4 1 で排気される。

【 0 1 3 8 】

処理室 1 0 1 に供給されたジクロロシランとアンモニアは混合すると気相反応し反応生成物が生じる。本比較例の構造では仕切りブロック 1 2 5 から供給される窒素によってウエハ 1 8 の周辺でのジクロロシランとアンモニアの混合が抑制されているが、反応室壁 1 0 3 付近で混合してから排気管 1 1 5 で排気される。

このため、処理室 1 0 1 内部の反応室壁 1 0 3 の特に排気管 1 1 5 の近くでジクロロシランとアンモニアが気相反応して塩化アンモニウム等の反応副生成物が生成され、反応室壁や排気経路に付着する。この塩化アンモニウムはやがて異物発生の原因となるため、これを除去する為に頻繁にメンテナンスが必要になる。

【 0 1 3 9 】

また、排気装置 1 4 1 の中でも混合したガスは塩化アンモニウム等の副生成物を生じ、ポンプの性能劣化の原因となる。

排気管 1 1 5 及び排気装置 1 4 1 にも反応性生物が付着するためこれを除去したり、あるいは排気装置 1 4 1 をオーバーホールしたりする為に、頻繁に装置を停止する必要がある為、稼働率が低下しまたメンテナンス費用もかかる。

【 0 1 4 0 】

[ 本発明の好ましい態様 ]

以下に、本発明の好ましい態様について付記する。

【 0 1 4 1 】

本発明の一態様によれば、処理室内に設けられ、基板を支持する基板支持部と、前記基板支持部を移動する基板支持部移動機構と、前記処理室にガスを供給するガス供給部と、前記処理室のガスを排気する排気部と、前記基板支持部と対向するように設けられたプラズマ生成部と、を有する基板処理装置が提供される。

10

20

30

40

50

## 【0142】

本発明の他の態様によれば、基板載置面に基板を載置し基板を支持する基板支持部と、前記基板支持部を移動する基板支持部移動機構と、第一のガスを第一のガス供給孔から供給する第一のガス供給部と、前記第一のガスを第一のガス排気孔から排気する第一の排気部と、第二のガスを第二のガス供給孔から供給する第二のガス供給部と、前記第二のガスを第二のガス排気孔から排気する第二の排気部と、前記第一の排気部と前記第二の排気部との間に設けられ、不活性ガスを供給する第三のガス供給部と、を有し、前記第一のガス供給孔と前記第一のガス排気孔及び前記第二のガス供給孔と前記第二のガス排気孔のうち、少なくともいずれかの一組は基板載置面よりも重力方向に対して上方に設けられている基板処理装置が提供される。

10

## 【0143】

好ましくは、前記第一のガス供給孔、前記第一のガス排気孔、前記第二のガス供給孔、及び前記第二のガス排気孔は、前記基板載置面と対向するように設けられている。

## 【0144】

好ましくは、第一の排気経路を経由して前記第一のガス排気部に接続された第一のポンプと、第二の排気経路を経由して前記第二のガス排気部に接続された第二のポンプと、をさらに有する。

## 【0145】

好ましくは、前記基板支持部は、回転軸を中心に回転し、前記第一のガス供給部及び前記第二のガス供給部とは、前記回転軸の回転方向に対して交互に配置されるとともに、前記回転軸から離れるほどガス供給量が多くなるように構成されている。

20

## 【0146】

本発明の他の態様によれば、処理室内に設けられ、基板を支持する複数の基板支持部と、前記基板支持部を移動する基板支持部移動機構と、前記処理室にガスを供給するガス供給部と、前記処理室のガスを排気する排気部と、前記基板支持部と対向するように設けられたプラズマ生成部と、を有する基板処理装置を用いた半導体装置の製造方法であって、前記ガス供給部からガスを供給しつつ前記排気部からガスを排気するガス供給／排気工程と、前記ガス供給／排気工程の間、複数の前記基板支持部を移動する移動工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。

## 【0147】

30

本発明の他の態様によれば、基板を処理する処理室と、前記基板を支持する支持部材と、前記処理室内に敷設され、複数の前記支持部材を間隔をあけて並べて移動させる移動装置と、該移動装置と対向する位置に設けられたプラズマ生成装置と、を備えた基板処理装置が提供される。

## 【0148】

好ましくは、前記プラズマ生成装置は、前記支持部材が移動する方向に、間隔をあけて複数設けられている。

## 【0149】

本発明の他の態様によれば、基板を処理する処理室内に設けられ、前記基板を支持する支持部材を複数、同心円状で移動させる移動装置と、前記移動装置と対向する位置に設けられたプラズマ生成装置と、を備えた基板処理装置が提供される。

40

## 【符号の説明】

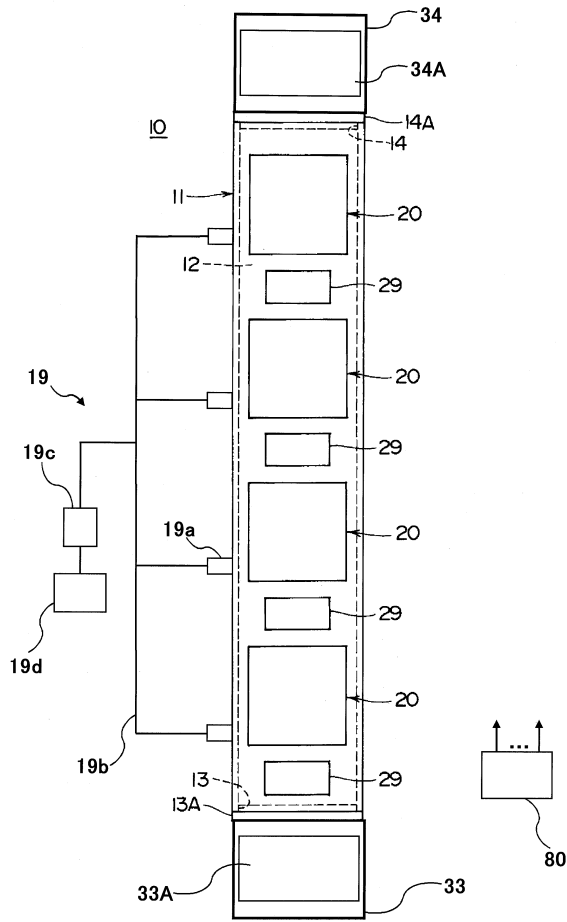
## 【0150】

- 10 基板処理装置
- 11 筐体
- 12 処理室
- 13 入口
- 14 出口
- 15 コンペア
- 16 ローラ

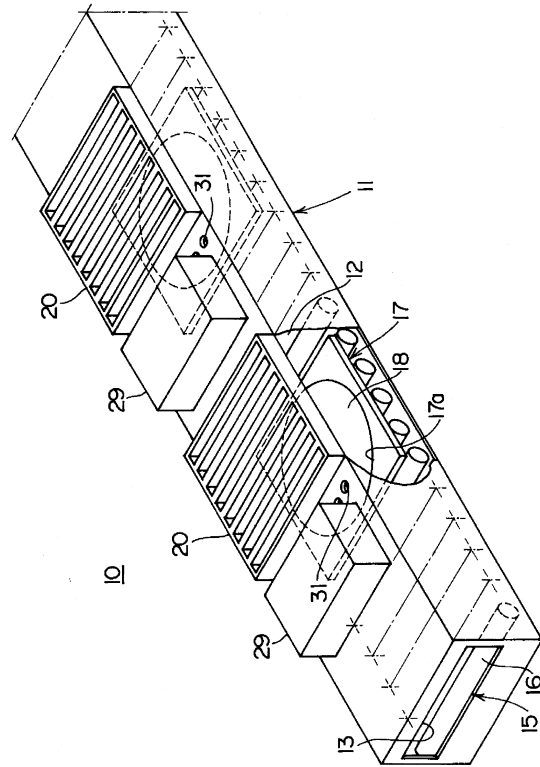
50

1 7	基板保持具	
1 8	ウエハ	
1 9	ガス排気部	
2 0	プラズマ生成装置	
2 3	型電極対	
3 0	プラズマ	
3 1	ガス供給部	
3 2	ヒータ	
3 3	入口側予備室	
3 4	出口側予備室	10
4 8	ガス供給部	
5 1	筐体	
5 5	移動台	
5 6	トレー	
5 7	入口側予備室	
5 8	出口側予備室	
8 0	制御部	
1 0 0	基板処理装置	
1 0 1	処理室	
1 0 3	反応室壁	20
1 0 4	第一の排気管	
1 0 5	第二の排気管	
1 0 7	第一の排気ポンプ	
1 0 8	第二の排気ポンプ	
1 1 9	回転駆動部	
1 2 0	回転トレー	
1 2 1	回転軸	
1 3 3	第一のシャワーヘッド	
1 3 4	シャワー板	
1 3 7	第二のシャワーヘッド	30
1 3 8	プラズマ源	
1 4 1	排気装置	

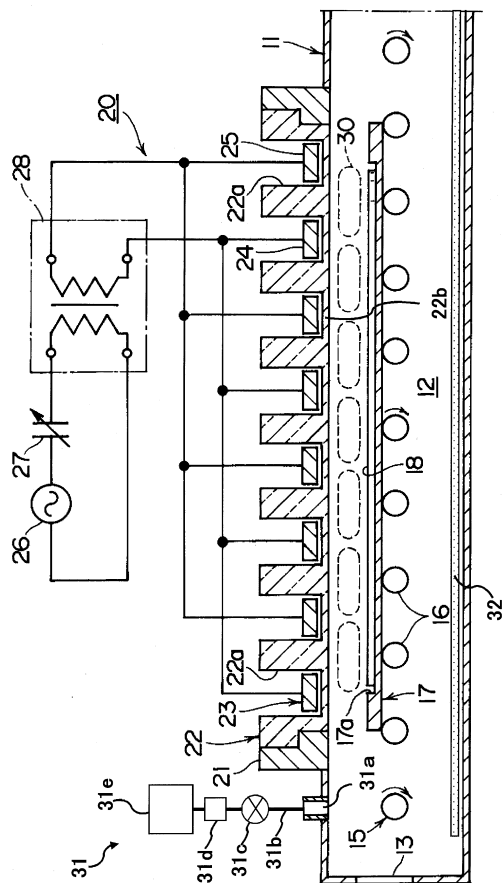
【図 1】



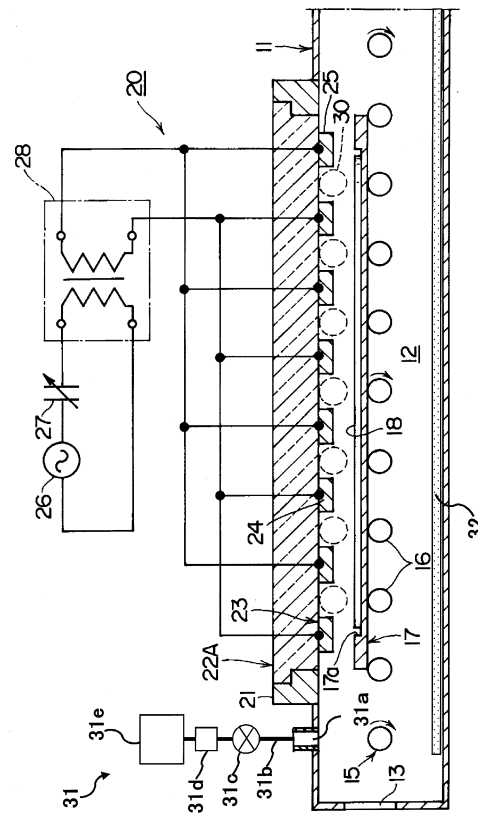
【図 2】



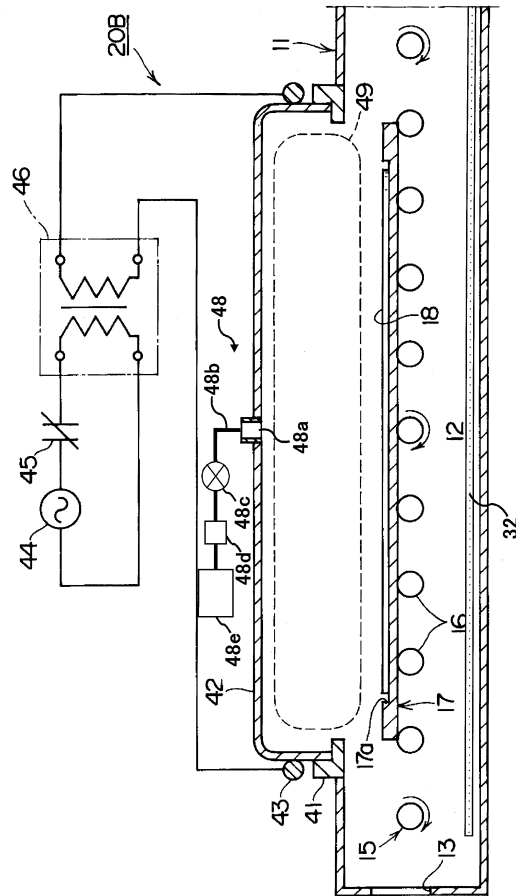
【図 3】



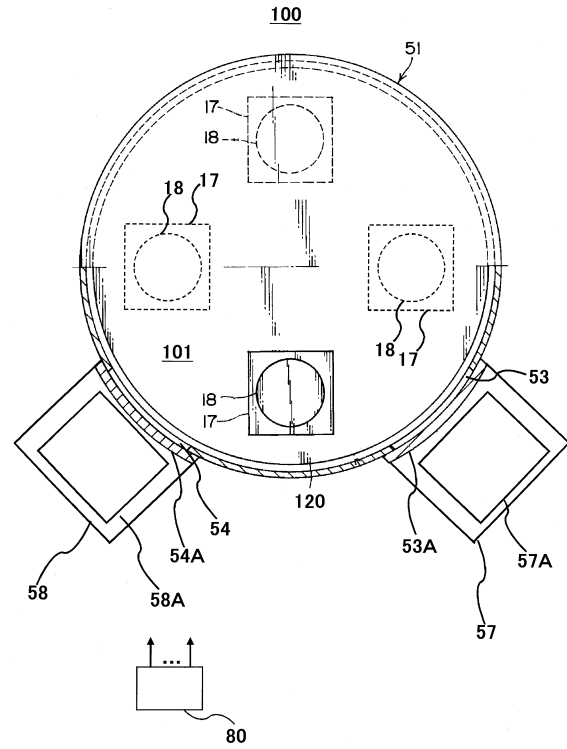
【図 4】



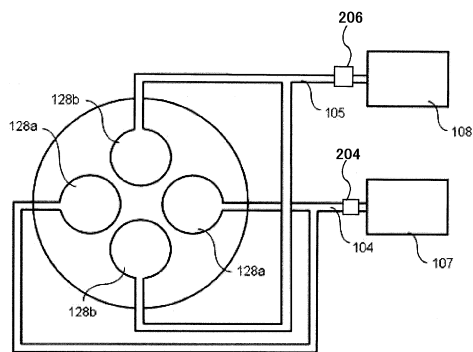
【図 5】



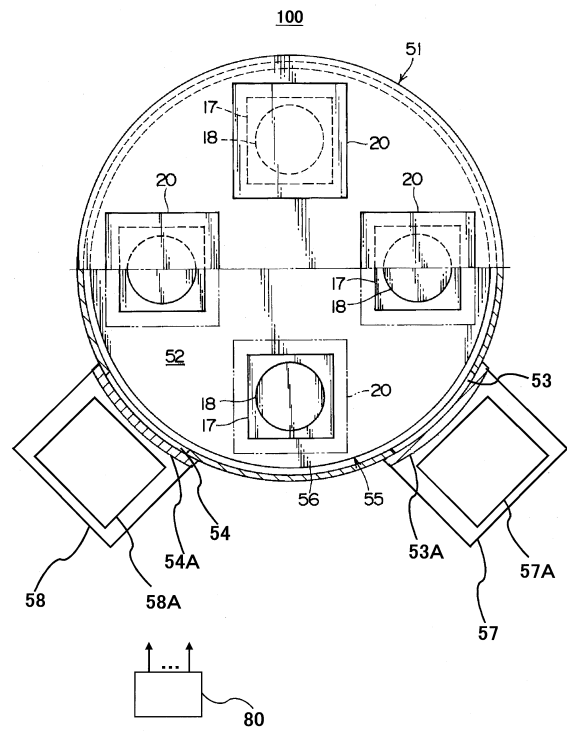
【図 6】



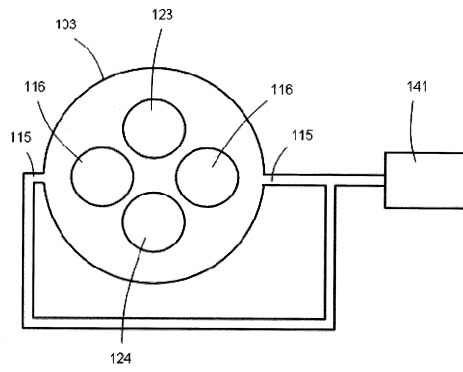
【図 10】



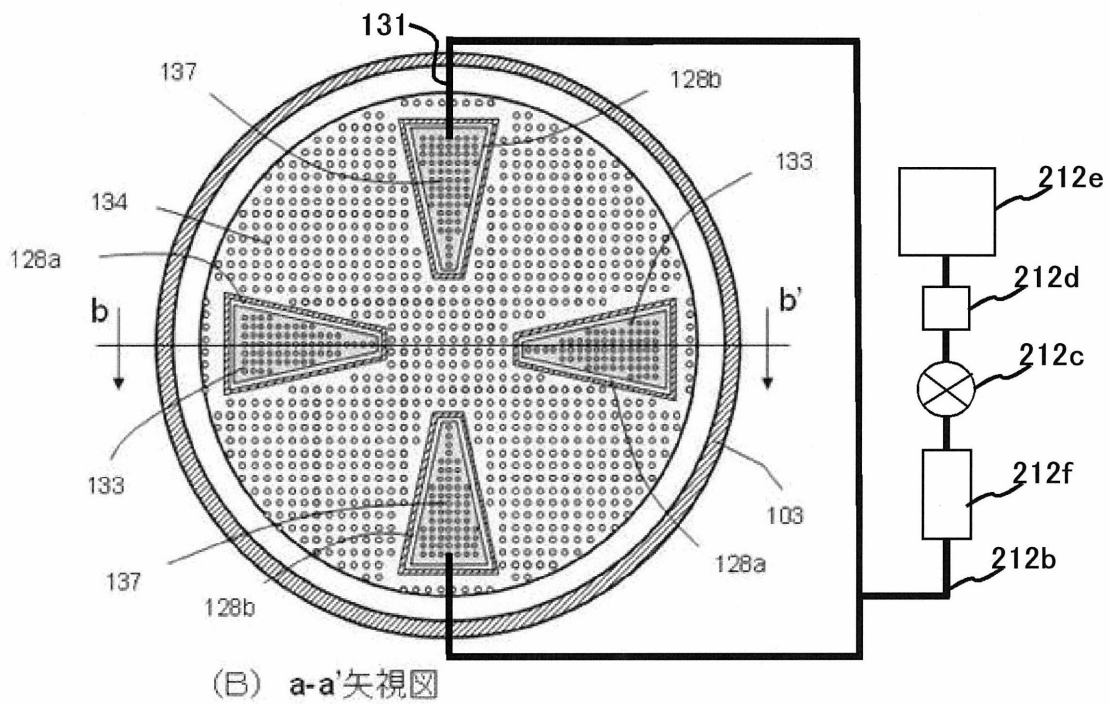
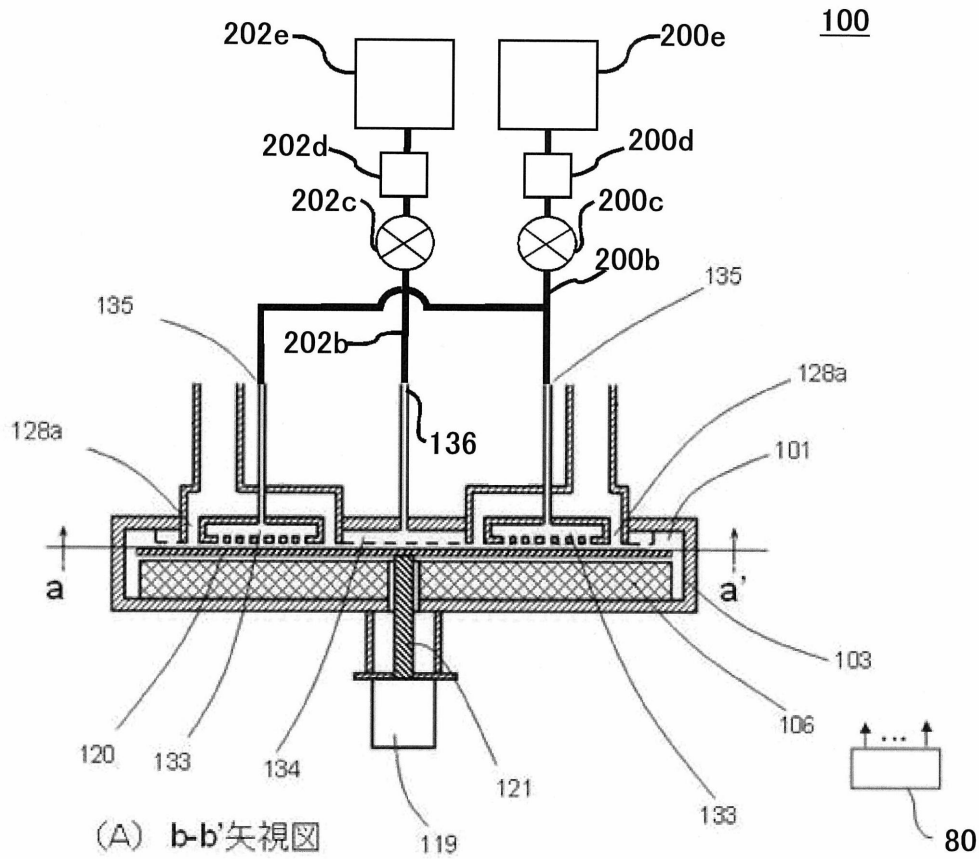
【図 14】



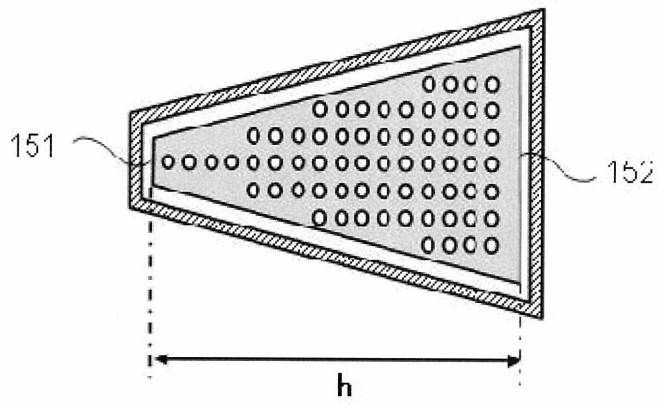
【図 17】



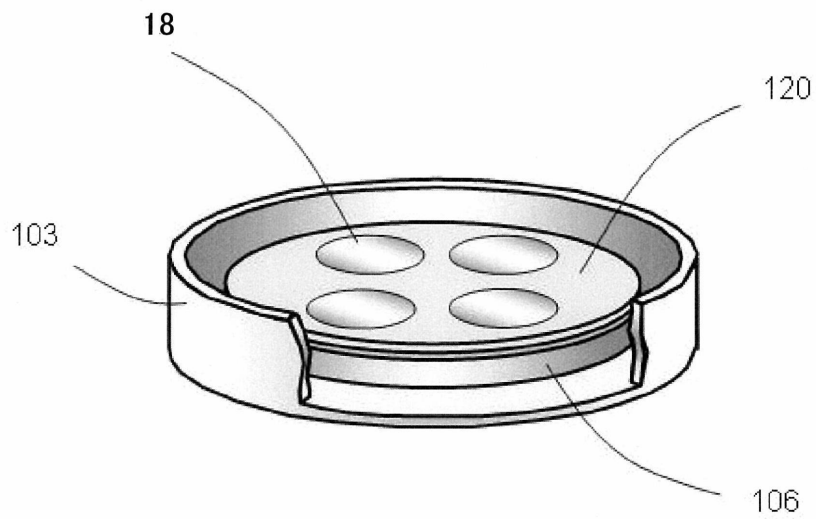
【図7】



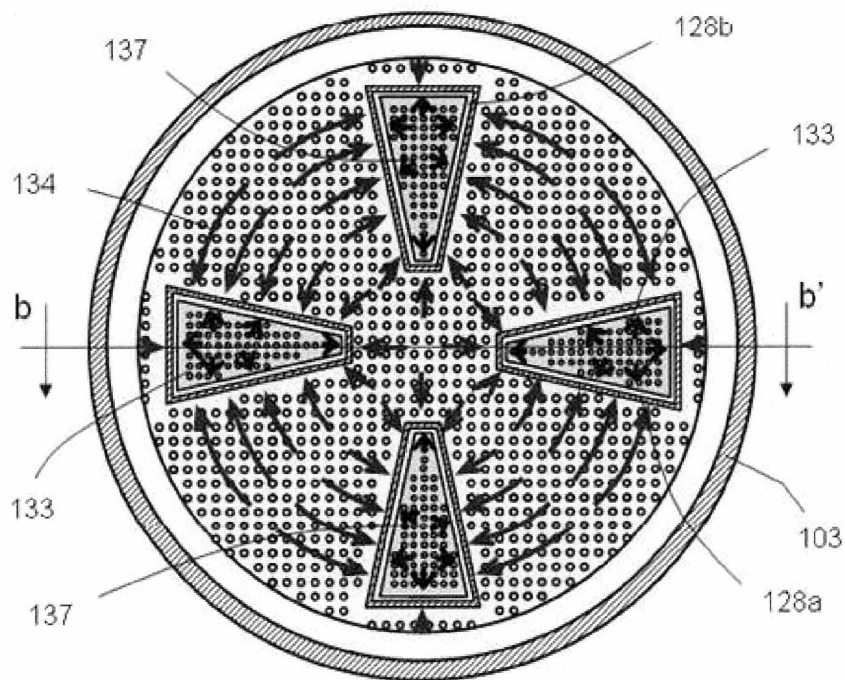
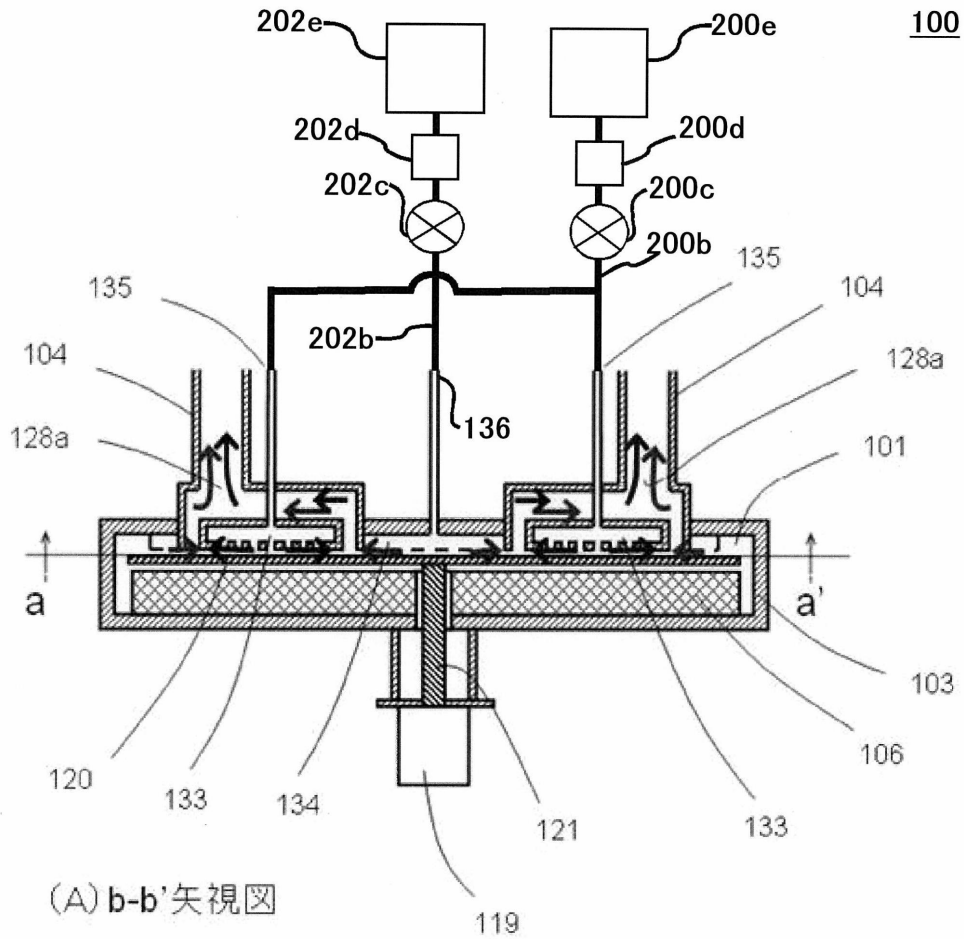
【図 8】



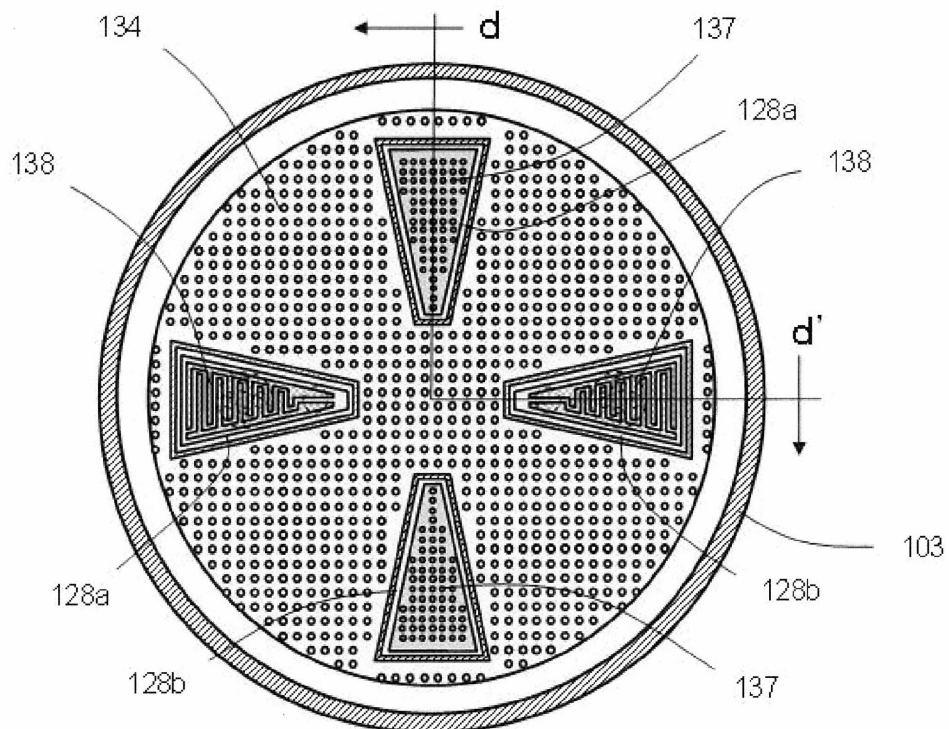
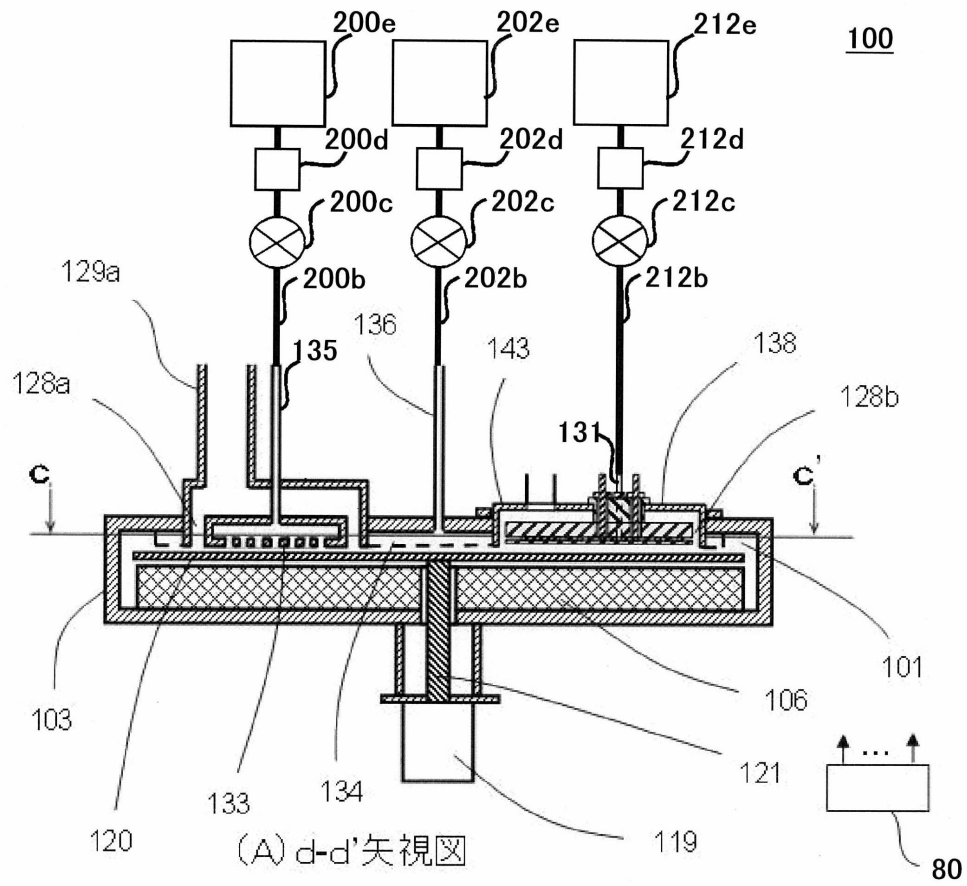
【図 9】



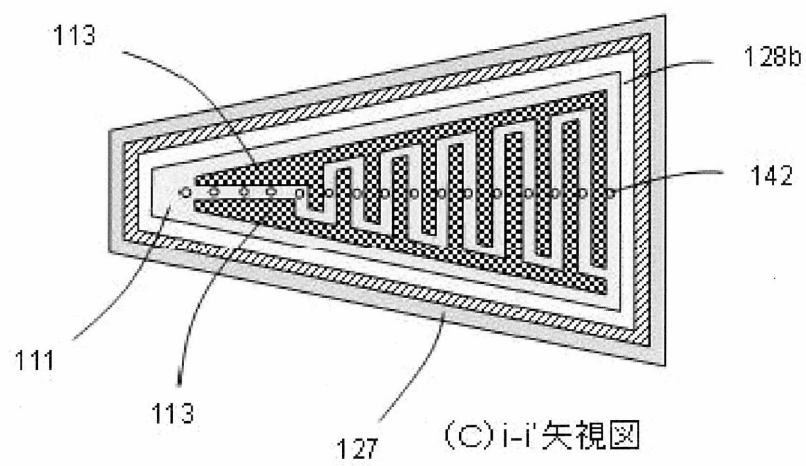
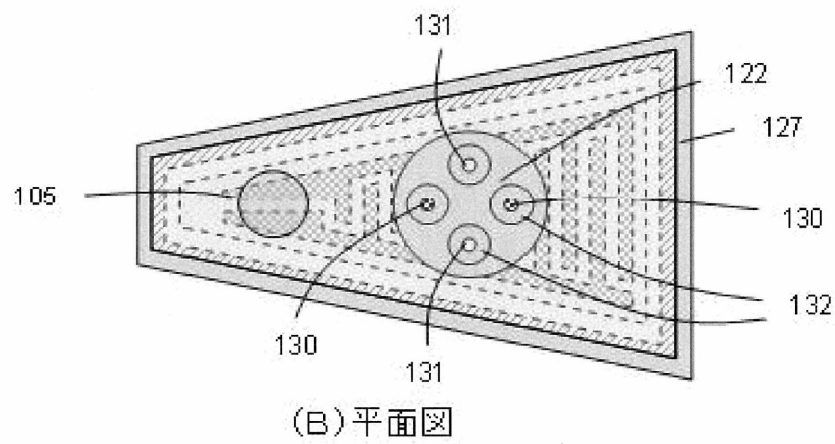
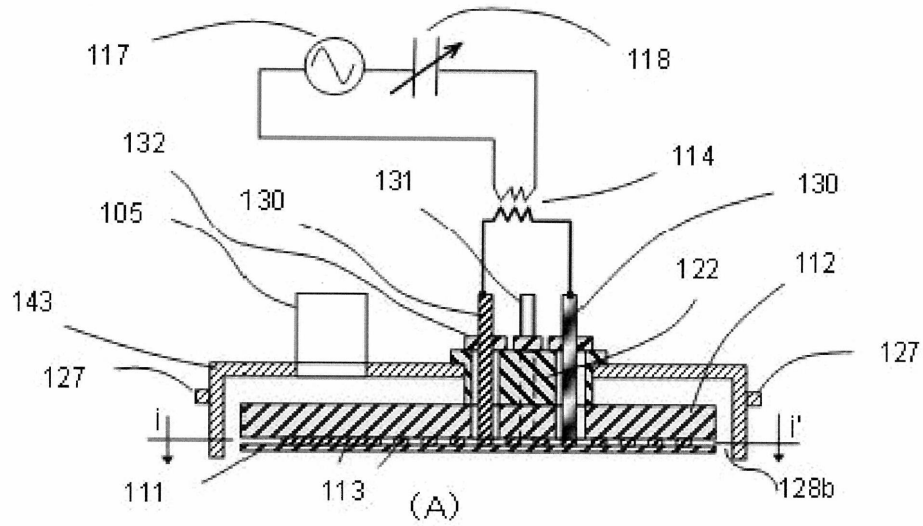
【図11】



【図12】

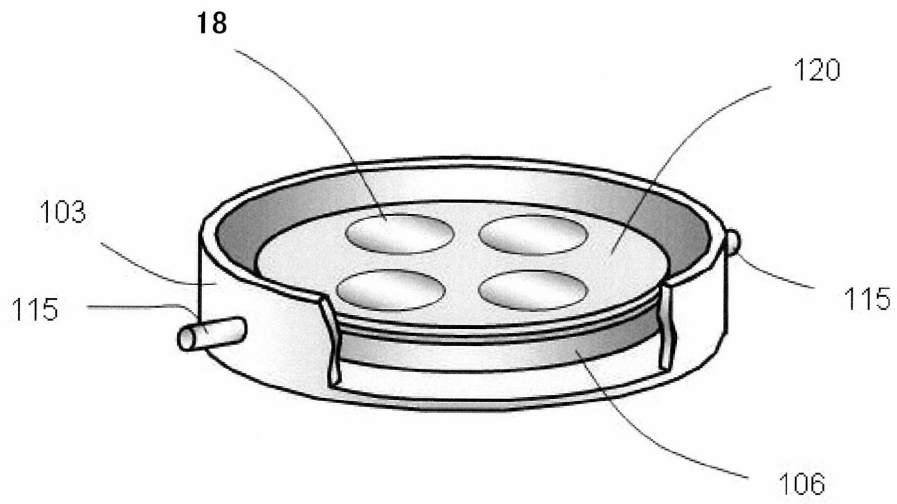


【 図 1 3 】



(B) g-g' 矢视图

【図 16】



---

フロントページの続き

(72)発明者 高寺 浩之

富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内

(72)発明者 上村 大義

富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内

審査官 小川 将之

(56)参考文献 国際公開第2009/017322(WO, A1)

米国特許出願公開第2004/0082171(US, A1)

特開2009-149989(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/31

H01L 21/318

H01L 21/677

C23C 16/507