

(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2010-129822

(P2010-129822A)

(43) 公開日 平成22年6月10日 (2010.6.10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/31 (2006.01)	HO 1 L 21/31 E	5 F 0 3 3
HO 1 L 21/312 (2006.01)	HO 1 L 21/312 A	5 F 0 4 5
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/312 C	5 F 0 5 8
HO 1 L 23/522 (2006.01)	HO 1 L 21/90 J	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-303846 (P2008-303846)  
 (22) 出願日 平成20年11月28日 (2008.11.28)

(71) 出願人 000207551  
 大日本スクリーン製造株式会社  
 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1

(71) 出願人 000236436  
 浜松ホトニクス株式会社  
 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1

(74) 代理人 100105935  
 弁理士 振角 正一

(74) 代理人 100105980  
 弁理士 梁瀬 右司

(72) 発明者 村岡 祐介  
 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内

最終頁に続く

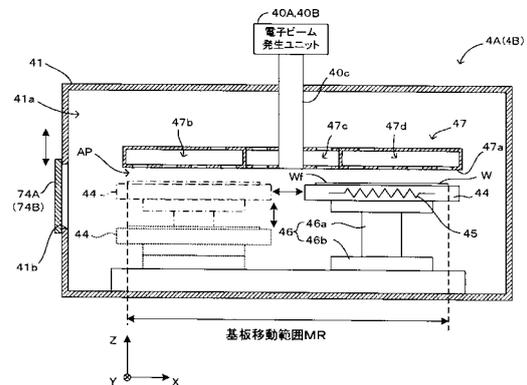
(54) 【発明の名称】 基板処理装置および基板処理方法

(57) 【要約】

【課題】 基板表面に向けて電子ビームを照射して所定の基板処理を行う際に発生する物質による基板の汚染を防止して清浄な基板処理を低コストで実行可能な基板処理装置および基板処理方法を提供する。

【解決手段】 電子ビーム照射を行っている間、電子ビーム照射領域 I R にはアルゴンガスが供給される一方、電子ビーム照射領域 I R の周囲は排気している。このため、基板 W への電子ビーム照射によって発生する汚染物質がアルゴンガスと一緒に排気ガスとして処理空間 4 1 a の外側空間に排気され、基板表面への汚染物質の再付着や処理空間 4 1 a 全体への汚染物質の拡散が防止される。また、排気ガスから汚染物質を除去することで処理ガス(一度使用されたアルゴンガス)が生成され、処理空間 4 1 a に供給される。このように処理空間 4 1 a が処理ガスによりパージされる。

【選択図】 図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板処理を行うための処理空間を有する処理チャンバと、  
前記処理空間内に配置された基板の表面に向けて電子ビームを射出する電子ビーム発生手段と、

前記基板を前記電子ビーム発生手段に対して相対移動させることで電子ビームが照射される電子ビーム照射領域を走査させる移動手段と、

前記電子ビーム照射領域に不活性ガスを供給するガス供給手段と、

前記電子ビーム照射領域の周囲を排気することによって前記基板への前記電子ビーム照射によって発生する汚染物質を前記不活性ガスと一緒に排気ガスとして前記処理チャンバから排気するとともに、前記排気ガスから前記汚染物質を除去して得られる処理ガスを前記処理空間に供給するガス循環供給手段と  
を備えたことを特徴とする基板処理装置。

10

## 【請求項 2】

前記ガス循環供給手段は、

前記電子ビーム照射領域の周囲から前記処理チャンバの外側空間を介して再び前記処理空間に戻るガス循環経路を形成する循環経路形成部と、

前記ガス循環経路上に設けられてガスを前記ガス循環経路に沿って循環させる循環ファンと、

前記ガス循環経路上に設けられて前記ガス循環経路に沿って流通する前記排気ガスから前記汚染物質を取り除く除去部と

を備えている請求項 1 記載の基板処理装置。

20

## 【請求項 3】

前記除去部は、

前記ガス循環経路上に設けられて前記排気ガスに含まれる前記汚染物質を水分と二酸化炭素に分解する分解処理部と、

前記ガス循環経路上で、かつ前記処理空間への前記処理ガスの供給口と前記分解処理部との間に設けられて前記排気ガスから水分および二酸化炭素を吸着する吸着塔と

を備えている請求項 2 記載の基板処理装置。

## 【請求項 4】

前記除去部は複数の吸着塔を有しており、一の吸着塔により水分および二酸化炭素の吸着処理を行っている間、水分および二酸化炭素の吸着性能を回復させる再生処理を残りの吸着塔に対して行う請求項 3 記載の基板処理装置。

30

## 【請求項 5】

前記ガス供給手段により供給される前記不活性ガスは未使用ガスである請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

## 【請求項 6】

処理チャンバの処理空間に配置された基板の表面に対して電子ビーム発生手段から電子ビームを照射しながら前記基板を前記電子ビーム発生手段に対して相対移動させることで前記電子ビームが照射される電子ビーム照射領域を走査させて前記基板表面に所定の処理を施す基板処理方法において、

40

前記電子ビーム照射を行っている間、前記電子ビーム照射領域には不活性ガスを供給する一方、前記電子ビーム照射領域の周囲を排気することによって前記基板への前記電子ビーム照射によって発生する汚染物質を前記不活性ガスと一緒に排気ガスとして前記処理チャンバから排気するとともに、前記排気ガスから前記汚染物質を除去して得られる処理ガスを前記処理空間に供給することを特徴とする基板処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、半導体ウエハ、フォトマスク用ガラス基板、液晶表示用ガラス基板、プラ

50

ズマ表示用ガラス基板、F E D（電界放出ディスプレイ：Field Emission Display）用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、光磁気ディスク用基板等の各種基板（以下、単に「基板」という）に電子ビームを照射して所定の基板処理を行う基板処理装置および基板処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

基板の表面に電子ビームを照射する技術は多方面で利用されているが、そのひとつとして半導体装置の製造工程における層間絶縁膜の改質技術がある。半導体装置の層間絶縁膜として熱CVDやプラズマCVDにより形成されたシリコン酸化膜が従来多用されていたが、配線間容量を低減するために、有機シリコン酸化膜あるいはシリコンを含まない有機膜などの低誘電率膜、いわゆるLow-k膜の採用が進んでいる。この低誘電率膜を製造する際に加熱処理のみでは十分な強度が得られないため、電子ビーム照射と加熱処理を組み合わせる層間絶縁膜を硬化させる基板処理技術が提案されている（例えば特許文献1）。

10

【0003】

この特許文献1に記載の装置では、真空チャンバの内部に半導体ウエハを支持する載置台が設けられる一方、真空チャンバの天井部に電子ビームを発生させるための電子ビーム照射機構が設けられている。そして、未処理の半導体ウエハが載置台上に載置されると、次のようにして半導体ウエハ上の層間絶縁膜に対して硬化処理が施される。つまり、排気管を通じて真空チャンバ内を排気するとともに、ガス導入管から窒素ガス等の所定の雰囲気ガスを導入し、真空チャンバ内を所定の圧力、例えば1.33～66.5KPa（10～500Torr）程度に減圧する。そして、載置台に組み込まれたヒータによって半導体ウエハを所定温度に加熱しつつ、電子ビームを半導体ウエハに照射する。これによって、半導体ウエハ上の層間絶縁膜が硬化する。

20

【0004】

【特許文献1】特許第4056855号公報（図1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記した従来装置では、真空チャンバ内を減圧した状態で硬化処理が行われるため、硬化処理中に発生する汚染物質は真空チャンバ全体に広がり、常温の真空チャンバ内壁に凝縮してしまう。その結果、次の半導体ウエハに対して硬化処理を施す際に、凝集体が脱ガスやパーティクル、もしくはパーティクル源として真空チャンバ内に存在することとなり、清浄な硬化処理を行うことが困難であった。さらに、電子ビーム照射機構自体への汚染蓄積もあり、照射強度が低下して結果的に処理効率が低下していた。

30

【0006】

また、半導体ウエハ（基板）の表面に沿って窒素ガスを導入する一方、真空チャンバの底面部に設けられた排気管を通じて真空チャンバ内を排気しており、窒素ガスはいわゆる掛け流し状態にある。したがって、硬化処理中に多量の窒素ガス量が消費され、これがランニングコストの増大の主要因のひとつとなっている。

40

【0007】

この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、基板表面に向けて電子ビームを照射して所定の基板処理を行う際に発生する物質による基板の汚染を防止して清浄な基板処理を低コストで実行可能な基板処理装置および基板処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明にかかる基板処理装置は、上記目的を達成するため、基板処理を行うための処理空間を有する処理チャンバと、処理空間内に配置された基板の表面に向けて電子ビームを射出する電子ビーム発生手段と、基板を電子ビーム発生手段に対して相対移動させることで電子ビームが照射される電子ビーム照射領域を走査させる移動手段と、電子ビーム照

50

射領域に不活性ガスを供給するガス供給手段と、電子ビーム照射領域の周囲を排気することによって基板への電子ビーム照射によって発生する汚染物質を不活性ガスと一緒に排気ガスとして処理チャンバから排気するとともに、排気ガスから汚染物質を除去して得られる処理ガスを処理空間に供給するガス循環供給手段とを備えたことを特徴としている。

【0009】

また、この発明にかかる基板処理方法は、処理チャンバの処理空間に配置された基板の表面に対して電子ビーム発生手段から電子ビームを照射しながら基板を電子ビーム発生手段に対して相対移動させることで電子ビームが照射される電子ビーム照射領域を走査させて基板表面に所定の処理を施す基板処理方法であって、上記目的を達成するため、電子ビーム照射を行っている間、電子ビーム照射領域には不活性ガスを供給する一方、電子ビーム照射領域の周囲を排気することによって基板への電子ビーム照射によって発生する汚染物質を不活性ガスと一緒に排気ガスとして処理チャンバから排気するとともに、排気ガスから汚染物質を除去して得られる処理ガスを処理空間に供給することを特徴としている。

10

【0010】

このように構成された発明（基板処理装置および基板処理方法）では、電子ビーム発生手段が電子ビームを基板表面に向けて照射しながら基板が電子ビーム発生手段に対して相対移動することで電子ビーム照射領域が走査して電子ビーム照射による基板処理が実行される。そして、電子ビーム照射を行っている間、電子ビーム照射領域には不活性ガスが供給される一方、電子ビーム照射領域の周囲が排気される。これによって、基板への電子ビーム照射によって発生する汚染物質は不活性ガスと一緒に排気ガスとして処理チャンバから排気される。その結果、基板表面への汚染物質の再付着や上記処理空間全体への汚染物質の拡散が防止される。さらに、本発明では、排気ガスから汚染物質を除去することで得られる処理ガス、つまり基板処理に一度使用された不活性ガスが処理空間に供給されて処理空間に対する不活性ガスによるパージ処理が実行されるため、処理チャンバへの汚染物質の付着が効果的に防止される。しかも、基板処理に供した不活性ガスを再利用しているため、ランニングコストを抑制することが可能となる。

20

【0011】

ここで、ガス循環供給手段としては、例えば電子ビーム照射領域の周囲から処理チャンバの外側空間を介して再び処理空間に戻るガス循環経路を形成する循環経路形成部と、ガス循環経路上に設けられてガスをガス循環経路に沿って循環させる循環ファンと、ガス循環経路上に設けられてガス循環経路に沿って流通する排気ガスから汚染物質を取り除く除去部とを備えたものを用いてもよい。このように循環ファンによって排気ガス（不活性ガス＋汚染物質）が電子ビーム照射領域の周囲から速やかに排気される。また、こうして電子ビーム照射領域の周囲から除去部に流通してきた排気ガスから汚染物質が確実に取り除かれて汚染物質を含まない処理ガス、つまり不活性ガスが得られ、パージ処理を良好に行うことができる。

30

【0012】

この除去部としては、ガス循環経路上に設けられて排気ガスに含まれる汚染物質を水分と二酸化炭素に分解する分解処理部と、ガス循環経路上で、かつ処理空間への処理ガスの供給口と分解処理部との間に設けられて排気ガスから水分および二酸化炭素を吸着する吸着塔とを備えたものを用いることができる。汚染物質を水分と二酸化炭素に分解するために種々の方式を用いることができ、例えば排気ガスを加熱した後に触媒を用いて水分と二酸化炭素に分解することができる。

40

【0013】

また、こうして生成された水分と二酸化炭素を吸着塔で吸着して排気ガスから除去しているが、吸着除去の進行に伴って吸着塔の吸着性能が低下してくる。そこで、複数の吸着塔を予め準備しておき、一の吸着塔により水分および二酸化炭素の吸着処理を行っている間、残りの吸着塔に対して再生処理を施し、水分および二酸化炭素の吸着性能を回復させるように構成してもよい。この場合、複数の吸着塔を順番に使用することによって常に高効率で排気ガスから水分および二酸化炭素を除去することができ、処理ガスを比較的高純

50

度の不活性ガスとすることができる。

【 0 0 1 4 】

さらに、ガス供給手段により供給される不活性ガスは未使用ガス、つまりフレッシュなものを用いるのが望ましい。このように電子ビーム照射領域にフレッシュな不活性ガスを供給して基板処理を良好に行うとともに、基板を取り巻く処理空間には処理ガスを用いてパージ処理を行うことができ、不活性ガスの効率的な利用を図ることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

この発明によれば、電子ビーム照射を行っている間、電子ビーム照射領域には不活性ガスを供給する一方、電子ビーム照射領域の周囲を排気することによって基板への電子ビーム照射によって発生する汚染物質を不活性ガスと一緒に排気ガスとして処理チャンバから排気しているため、基板表面への汚染物質の再付着や上記処理空間全体への汚染物質の拡散を効果的に防止することができる。また、排気ガスから汚染物質を除去して得られる処理ガス（不活性ガス）を処理空間に供給して処理空間に対して不活性ガスによるパージ処理を実行しているため、処理チャンバへの汚染物質の付着を効果的に防止することができる。したがって、電子ビーム照射を用いた基板処理を低コストで、しかも高純度で行うことができる。

10

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 6 】

（基板処理システムの概略構成）

20

図 1 はこの発明にかかる基板処理装置の一実施形態である電子ビームキュア装置を装備した基板処理システムを示す図である。この基板処理システムは、複数の基板 W を密閉した状態で収容する F O U P (Front Opening Unified Pod) から取り出した未処理基板 W に対して加熱処理および硬化処理を施した後に基板 W を常温に冷却して F O U P に戻すという一連の処理を実行する。すなわち、基板処理システムは搬送ロボット室 1 を中心として当該搬送ロボット室 1 の周囲に、ロードロック室 2 と、ホットプレート 3 と、2 つの電子ビームキュア装置 4 A、4 B と、コールドプレート 5 と、ロードロック室 6 が配置されている。また、搬送ロボット室 1 と、ロードロック室 2、ホットプレート 3、電子ビームキュア装置 4 A、4 B、コールドプレート 5 およびロードロック室 6 との間にはシャッター 7 2 A、7 3、7 4 A、7 4 B、7 5、7 6 A がそれぞれ配置されている。

30

【 0 0 1 7 】

このロードロック室 2 はローダ用であり、F O U P に対して基板 W の搬入出を行う搬送ロボット 8 に対向する側面にローダ用開口（図示省略）を有している。また、ロードロック室 2 には、ローダ用開口を開閉するシャッター 7 2 B が設けられている。この実施形態では、ロードロック室 2 は大気雰囲気であり、シャッター 7 2 B を開いた状態で搬送ロボット 8 が F O U P から未処理基板 W、つまり表面に未硬化状態の層間絶縁膜（図 6 中の符号 F）が塗布された基板 W、あるいは C V D (Chemical Vapor Deposition) により成膜された基板 W をロードロック室 2 に搬入可能となっている。一方、シャッター 7 2 A が開いた状態で、搬送ロボット室 1 に配置された搬送ロボット 1 1 はハンド（図示省略）をロードロック室 2 に移動させて未処理基板 W を受け取り、搬送ロボット室 1 に搬送する。

40

【 0 0 1 8 】

この搬送ロボット室 1 は窒素ガス雰囲気に調整されており、その内圧は略大気圧となっている。この点に関しては、ホットプレート 3 およびコールドプレート 5 も同一である。一方、電子ビームキュア装置 4 A、4 B については電子ビーム照射中に大気圧または若干陽圧に調整されたアルゴンガス雰囲気に保たれている。この点については、後で詳述する。

【 0 0 1 9 】

未処理基板 W を受け取った搬送ロボット 1 1 は基板 W をホットプレート 3、電子ビームキュア装置 4 A（または 4 B）およびコールドプレート 5 に、この順序で搬送する。一方

50

、基板Wが搬送されてきたホットプレート3、電子ビームキュア装置4A（または4B）およびコールドプレート5はそれぞれ加熱処理、硬化処理および冷却処理を実行して層間絶縁膜Fを硬化させて所望特性（低誘電率膜で、かつ十分な強度）を付与する。なお、ホットプレート3およびコールドプレート5の構成および動作については従来から周知であるため、ここでは説明を省略する一方、電子ビームキュア装置4A、4Bは本発明の基板処理装置に相当するため、後で詳しく説明する。

#### 【0020】

上記のようにして層間絶縁膜Fに所望特性が与えられると、搬送ロボット11はコールドプレート5から基板Wを搬送ロボット室1に取り出す。そして、シャッター76Aが開いた状態で、搬送ロボット11は基板Wを保持したハンド（図示省略）をアンロード用のロードロック室6に移動させて基板Wの搬出を行う。この実施形態では、ロードロック室6も、ロードロック室2と同様に大気雰囲気であり、シャッター76Bを開いた状態で搬送ロボット8がロードロック室6に基板Wを取り出し、FOUPに収納可能となっている。

10

#### 【0021】

（電子ビームキュア装置の構成および動作）

図2は本発明にかかる基板処理装置の一実施形態である電子ビームキュア装置を示す断面図である。また、図3はバジボックスを下方から見た斜視図および部分拡大底面図である。また、図4は図2に示す電子ビームキュア装置の電気的構成を示すブロック図である。さらに、図5は図2に示す電子ビームキュア装置でのガス供給システムを示す図である。

20

#### 【0022】

電子ビームキュア装置4A（4B）は電子ビーム発生ユニット40A、40Bから射出される電子ビームを基板Wの表面Wfに向けて照射して層間絶縁膜を硬化する装置であり、次のように構成されている。この電子ビームキュア装置4A（4B）には、硬化処理を実行するための処理空間41aを有する処理チャンバ41が設けられている。この処理チャンバ41の搬送ロボット側（図2の左手側）の側壁には、搬送ロボット11（図1）のハンドが挿入可能な形状を有する基板通過口41bが設けられるとともに、この基板通過口41bに対してシャッター74A（74B）が設けられている。そして、搬送ロボット11による基板Wの搬入出時には、電子ビームキュア装置全体を制御する制御ユニット42からの開指令に応じてシャッター74A（74B）は上方に移動して基板通過口41bを開放する。逆に、後述するように硬化処理を施す際には制御ユニット42からの閉指令に応じてシャッター74A（74B）は図2に示すように下方に移動して基板通過口41bを閉じている。

30

#### 【0023】

処理チャンバ41の処理空間41aには、基板Wを保持可能なステージ44が移動方向Xに移動自在に、しかも上下方向Zに昇降自在に設けられている。このステージ44の上面には、球状のプロキシミティボール（図示省略）が複数個設けられており、各ボールの球面頂部で基板Wの裏面を支持可能となっている。これにより基板表面Wfを上方に向けた水平状態で基板Wはステージ44の上から僅かに浮いた状態で支持される。こうして支持された基板Wの周縁部を取り囲むようにピンが複数本だけステージ44の上から突設されて基板Wの水平方向における位置ずれを防止している。また、この実施形態では、ステージ44にはヒータ45が内蔵されており、制御ユニット42からの動作指令に応じてヒータ45が作動することで基板Wを裏面側から加熱して基板温度を硬化処理に適した温度、例えば350～400℃程度まで昇温可能となっている。なお、基板Wの温度の均一性が厳しく要求されない処理用途の場合、プロキシミティボールを無くしてステージ44上に基板Wを接触載置するようにしてもよい。

40

#### 【0024】

このように構成されたステージ44はステージ駆動ユニット46に接続されている。こ

50

のステージ駆動ユニット46はステージ44を上下方向Zに昇降駆動する昇降駆動部46aと、昇降駆動部46aおよびステージ44を一体的に移動方向Xに駆動するリニア駆動部46bとを有している。そして、制御ユニット42からの移動指令に応じてリニア駆動部46bが作動すると、昇降駆動部46aおよびステージ44が一体的に移動方向Xに駆動されて基板Wを所定の基板移動範囲MRに渡って往復移動させることが可能となっている。このように本実施形態では、ステージ44とリニア駆動部46bが本発明の「移動手段」として機能している。

#### 【0025】

また、制御ユニット42からの昇降指令に応じて昇降駆動部46aが作動すると、ステージ44が昇降して基板Wを搬送高さ位置(図2の破線高さ位置)と処理高さ位置(図2の1点鎖線および実線高さ位置)に位置決め可能となっている。なお、この実施形態では、基板Wの搬入出を行う際には、図2の破線に示すように、ステージ44を搬送ロボット室1側(同図の左手側)に移動させるとともに搬送高さ位置に下降させている(搬送ポジション)。そして、硬化処理を行う際には、処理高さ位置まで上昇させた後にステージ44を反搬送ロボット室1側(同図の右手側)に移動させる。そして、硬化処理終了後には、上記とは逆の動作を行ってステージ44を元の搬送ポジションに移動させる。

10

#### 【0026】

この実施形態では、処理チャンバ41内で、上記のようにして基板移動範囲MRを移動する基板Wの表面Wfを上方側から覆うようにパージボックス47が配置されている。このパージボックス47は図3に示すように直方体形状を有しており、移動方向Xと直交する幅方向Yの長さLyは基板Wの外径より大きく、移動方向Xの長さLxは基板Wの外径の2倍以上となっている。このため、基板Wが移動方向Xに移動している間、基板Wはパージボックス47の下面プレート47aと常に対向しており、基板表面側の雰囲気APは下面プレート47aにより規制される。つまり、基板表面Wfと下面プレート47aの間に形成される基板表面側雰囲気APは処理空間41aに比べて大幅に小さくなっており、しかも周囲から遮断されている。なお、基板表面Wfと下面プレート47aとの距離は1~10mmに設定される。また、上記実施例においては、パージボックス47の移動方向Xの長さLxは基板Wの外径の2倍以上となっているが、パージボックス47と排気ユニット49による電子ビーム照射領域IRにおける雰囲気が管理されるのであれば基板Wの外径より小さくしても良い。

20

30

#### 【0027】

このパージボックス47の内部には、図2に示すように、幅方向Yに延びる中空室47b~47dが移動方向Xに並設されている。これらのうち中央の中空室47cは電子ビーム照射用の中空室であり、中空室47cに電子ビーム発生ユニット40A、40Bの一部が取り付けられている。本実施形態では、電子ビーム発生ユニット40A、40Bはともに同一構成を有しており、幅方向Yに150mmのスキャン幅で電子ビームを走査可能となっている。そして、この実施形態では、下面プレート(プレート部材)47aに対して基板表面Wfの反対側(図2の上方側)において上記2つの電子ビーム発生ユニット40A、40Bが幅方向Yに千鳥配列されて略300mmのスキャン幅で電子ビームを幅方向Yに走査可能となっている。なお、上記実施例においては、300mmのスキャン幅を2個の電子ビーム発生ユニット40A、40Bを配列することで本発明の「電子ビーム発生手段」を構成しているが、300mmのスキャン幅を有する1個の電子ビーム発生ユニットで構成するようにしても良い。

40

#### 【0028】

各電子ビーム発生ユニット40A、40Bは、電子放出部材であるフィラメントから電子ビーム(図7中の符号EB)を射出する電子銃(図示省略)を有している。この電子銃のフィラメントは真空容器40aの収容室40bに収容されている。また、真空容器40aには、電子通路40cが収容室40bから電子ビームEBの射出方向(この実施形態では下方向)に延設されている。そして、収容室40bと電子通路40cの連通部の周囲には、電磁偏向レンズとして機能する筒状の電磁コイルが設けられており、電子銃から射出

50

される電子ビームEBを幅方向Yにスキャン可能となっている。また、電子ビームEBのスキャンに対応して電子通路40cは円筒形状の収容室40bとの連通部を境に、その先端へ向けて扇状に拡大している。すなわち、電子通路40cは幅方向Yの幅のみが徐々に拡大しており、移動方向Xの幅は一定となっている。したがって、電子通路40cの先端は幅方向(スキャン方向)Yを長手方向として細長く延びている。そして、電子通路40cの後端部が処理チャンバ41の天井中央部に取り付けられるとともに先端部がパッケージ47の中空室47cに取り付けられて電子ビーム発生ユニット40A、40Bが処理チャンバ41に対して固定配置されている。

#### 【0029】

このように構成された電子ビーム発生ユニット40A、40Bでは、電子銃から出射された電子ビームEBは電子通路40cを通過するとき、電磁コイルによってその射出方向Yが偏向される。これにより、電子ビームEBの射出軸線が幅方向(スキャン方向)Yに沿って移動する。そして、電子ビームEBは真空容器40aの先端に設けられた窓部40dに達する。

#### 【0030】

各窓部40dは電子銃から射出された電子ビームEBを真空容器40aの外部へ射出するための構成要素であり、真空容器40aの先端(電子通路40cの端部)において、幅方向(スキャン方向)Yに延設された矩形形状に仕上げられている(図3(b)参照)。また、各矩形形状窓部40dは同図(a)に示すようにパッケージ47の下面中央部に形成された電子ビームEB照射用の矩形形状の開口部47eに対向しており、窓部40dから射出された電子ビームは開口部47eを通過して基板表面Wfに向けて照射される。なお、この実施形態では、同図(b)に示すように、2つの窓部40dは電子ビーム発生ユニット40A、40Bと同様に千鳥配列されている。

#### 【0031】

また、パッケージ47の中央中空室47cの上面にはアルゴンガス供給ユニット48が接続されており、制御ユニット42からの指令にしたがってアルゴンガス供給ユニット48が作動することで中央中空室47cに未使用のアルゴンガスが供給される。この中央中空室47cの下面には、開口部47eを取り囲むようにガス供給口47fが複数個穿設されているため、上記のようにして供給されたアルゴンガスは電子ビームEBをその側方から周囲を取り囲みながら、対向する基板表面Wfに向けて吐出される。これによって、基板表面Wfと下面プレート47aの間に形成される基板表面側雰囲気APのうち電子ビームEBが基板表面Wfに向けて照射される電子ビーム照射領域(図7の符号IR)はアルゴンガス雰囲気となる。このように、本実施形態では、アルゴンガス供給ユニット48が本発明の「ガス供給手段」として機能している。

#### 【0032】

パッケージ47には上記した中央中空室47cを挟み込むように上流側中空室47bと下流側中空室47dが設けられる。また、図5に示すように、両中空室47b、47dに対して排気用配管43aの一方端が接続されている。各排気用配管43aの他方端は循環ファン49aと接続されており、制御ユニット42からの動作指令に応じて循環ファン49aが作動すると、パッケージ47および各排気用配管43aを介して電子ビーム照射領域IRの周囲が排気される。すなわち、各中空室47b、47dの下面には、排気口47gが複数個穿設されており、基板表面Wfと下面プレート47aの間に形成される基板表面側雰囲気APのうち電子ビーム照射領域IR以外の領域、つまり非照射領域(図7中の符号NIR)と、各中空室47b、47dとが相互に連通されている。このため、循環ファン49aが作動すると、非照射領域NIRが排気口47g、中空室47b、47dおよび排気用配管43aを介して処理チャンバ41の外側空間に排気されて基板表面Wfに電子ビームEBを照射した際に発生する汚染物質をアルゴンガスとともに上記基板表面側雰囲気APから確実に取り除くことができ、基板表面側雰囲気AP外への汚染物質の拡散を防止することができる。

#### 【0033】

10

20

30

40

50

また本実施形態では、図5に示すように、排気用配管43aの反パージボックス側端部は循環ファン49aの吸入口に接続されている。また、この循環ファン49aの吹出口側には、配管43bを介して分解処理ユニット49bのインレットが接続されている。この分解処理ユニット49bは加熱ヒータと触媒とを有しており、循環ファン49aから送られてきた排気ガスを加熱ヒータによって加熱した後、高温となった汚染物質を触媒によって水分と二酸化炭素に分解する機能を有している。したがって、分解処理ユニット49bから送り出される排気ガスはアルゴンガスと水分と二酸化炭素を含むガスとなっている。

#### 【0034】

この分解処理ユニット49bのアウトレットに対して配管43cを介して2つの吸着塔49c1、49c2が並列接続されており、複数のバルブを組み合わせる吸着塔切替ユニット49c3(図4参照)を制御ユニット42が制御することによって、2つの吸着塔49c1、49c2の一方が選択的に分解処理ユニット49bと接続可能となっている。すなわち、制御ユニット42からの指令に応じて吸着塔切替ユニット49c3が作動して一方の吸着塔が分解処理ユニット49bと循環フィルタ49dに接続されると、選択された吸着塔に対して排気ガス(アルゴンガス+水分+二酸化炭素)が送り込まれ、当該吸着塔により水分と二酸化炭素が吸着されて処理ガス(アルゴンガス)が生成される。こうして生成された処理ガスは配管43d、循環フィルタ49dおよび配管43eを介して処理チャンバ41の天井端部から処理空間41a内にパージされる。なお、本実施形態では、分解処理ユニット49bと吸着塔49c1、49c2の組み合わせが本発明の「除去部」に相当するが、排気ガスから汚染物質を取り除くための構成はこれに限定されるものではなく、他の方式により汚染物質を取り除く構成を採用してもよい。

10

20

#### 【0035】

一方、非選択の吸着塔では吸着保持している水分および二酸化炭素を放出させて吸着性能を回復させるための再生処理が実行される。このように、一方の吸着塔で処理ガスを生成している間に、その処理ガス生成と並行して残りの吸着塔では再生処理を行って次の処理ガス生成に向けての準備を行うことができる。このように吸着塔の切替によって処理ガス(アルゴンガス)による処理空間41aのパージを連続的に行うことができる。

#### 【0036】

このように、本実施形態では、パージボックス47および配管43a~43eによって電子ビーム照射領域IRの周囲から処理チャンバ41の外側空間を介して再び処理空間41aに戻るガス循環経路が形成されている。すなわち、パージボックス47および配管43a~43eが本発明の「循環経路形成部」として機能しており、パージボックス47および配管43a~43cを排気ガス(アルゴンガス+汚染物質)が流通し、配管43d、43eを処理ガス(アルゴンガス)が流通する。また本実施形態では、こうして形成される循環経路形成部と、循環ファン49aと、除去部(分解処理ユニット49b+吸着塔49c1、49c2)とにより本発明の「ガス循環供給手段」が構成されている。

30

#### 【0037】

また、この実施形態では、処理チャンバ41の底面部には、図5に示すように、配管43fの一方端が接続されている。この配管43fの他方端は配管43aと接続されており、処理空間41aのうち基板表面側雰囲気APを除く雰囲気を排気可能となっている。つまり、基板表面側雰囲気AP以外の雰囲気が配管43fを介してガス循環経路に排気可能となっている。このため、上記のようにして処理空間41aにパージされた処理ガスの一部は配管43fを介してガス循環経路に戻される。なお、この実施形態では、電子ビーム照射領域IRに対してフレッシュなアルゴンガスを供給するとともに、ガス循環経路に沿って処理ガスを処理空間41aにパージしているため、アルゴンガス供給により処理空間41aの内圧を高めていくが、アルゴンガス供給に相当する量の処理ガスはシャッター74A(74B)と処理チャンバ41の隙間から排出されて処理空間41aの圧力はほぼ大気圧あるいは若干陽圧に保たれている。

40

#### 【0038】

次に、上記のように構成された電子ビームキュア装置4A(4B)の動作について図6

50

および図7を参照しつつ詳述する。図6は図2の電子ビームキュア装置の動作を示すフローチャートである。また、図7は電子ビーム照射領域の近傍を模式的に示す図である。電子ビームキュア装置4A、4Bはともに同一構成であり、各装置の動作も同一である。したがって、この実施形態にかかる基板処理システムでは、ホットプレート3による加熱処理を受けた基板Wはこれらの電子ビームキュア装置4A、4Bの一方に搬送されて以下の硬化(キュア)処理を受ける。なお、ここでは、電子ビームキュア装置4Aにおける動作について説明する。

#### 【0039】

電子ビームキュア装置4Aでは、基板Wが搬送されてくるまでシャッター74Aは閉じたままであるが、処理空間41aの内圧が大気圧あるいは若干陽圧となるように圧力調整されている。そして、制御ユニット42はメモリ(図示省略)に記憶されているプログラムにしたがって装置各部を以下のように制御して搬送口ポット11によりホットプレート3から搬送されてくる基板Wに対して硬化処理を施す。なお、処理空間41aの内圧は大気圧より若干高く調整されてもよい。

#### 【0040】

ホットプレート3から電子ビームキュア装置4Aに基板Wが搬送される前に、シャッター74Aが開成されて基板通過口41bが開放状態となる(ステップS1)。そして、搬送口ポット11はホットプレート3から取り出した基板Wを基板通過口41bを介して処理チャンバ41に搬入してステージ44に載置する(ステップS2)。そして、基板Wの搬入完了後にシャッター74Aが閉じられる(ステップS3)。このようにして搬入された基板Wの表面Wfには未硬化状態の層間絶縁膜Fが形成されており、次に説明する硬化処理(ステップS4~S6)を受けることで硬化して所望特性が付与される。なお、図7では、層間絶縁膜Fのうち未硬化状態の部位を白抜きで、硬化処理中の部位を梨地で、また硬化処理後の部位を斜線で示している。

#### 【0041】

ステップS4では、アルゴンガス供給ユニット48がアルゴンガスの供給を開始して中央中空室47cおよびガス供給口47fを介して基板表面側雰囲気AP、特に電子ビーム照射領域IRおよびそれを取り囲む範囲にアルゴンガスが吐出されてアルゴンガス雰囲気が形成される。この実施形態では、電子ビーム照射領域IRを大気圧あるいは多少陽圧に調整している。また、これと同時に、あるいは前後して排気ユニット49の作動が開始されて基板表面側雰囲気AP、特に非照射領域NIRが排気口47gおよび中空室47b、47dを介して排気される。なお、この実施形態では、ヒータ45への通電は基板搬入より前に開始されて基板Wの加熱が開始されて予め所定温度に昇温されているが、ヒータ45の作動タイミングはこれに限定されるものではなく、基板Wや層間絶縁膜Fの種類などのプロセス条件に応じて任意に設定することができる。

#### 【0042】

上記のようにして電子ビーム照射の前準備が完了すると、電子ビーム発生ユニット40A、40Bからの電子ビームの射出が開始され、ステージ44が駆動されて基板Wのスキャンが開始されて電子ビームによる層間絶縁膜Fの硬化処理が開始される(ステップS5)。すなわち、ステージ44は搬送ポジション(図2の破線位置)から上昇されてパージボックス47の下面プレート47aの近傍に位置決めされるのに続いて(+X)方向、つまり図2の左手側から右手側に移動して基板Wが電子ビーム照射領域IRを通過する。また、ステージ44の移動動作に連動して電子ビーム発生ユニット40A、40Bが前もって作動して安定した電子ビームを基板表面Wfに向けて射出する。このため、図6に示すように、基板表面Wに形成された層間絶縁膜Fのうち電子ビーム照射領域IRに位置する部位(同図の梨地部分)に対してアルゴンガス雰囲気で電子ビームが照射されて硬化する。この電子ビーム照射は基板Wの移動中に連続的に行われて層間絶縁膜F全体が硬化する。

#### 【0043】

また、上記のようにして電子ビームを基板表面Wf上の層間絶縁膜Fに照射することで

、有機物や炭化水素などのガス状の汚染物質が発生するが、電子ビーム照射領域 I R から流れてくるアルゴンガスとともに排気口 4 7 g、中空室 4 7 b、4 7 d および配管 4 3 a を介して処理空間 4 1 a から排出される。したがって、汚染物質は基板表面側雰囲気 A P、つまりパッケージボックス 4 7 の下面プレート 4 7 a と基板表面 W f に挟まれた比較的狭い空間から処理空間 4 1 a に拡散することなく、基板表面側雰囲気 A P から効率的に強制排出される。その結果、(1)汚染物質が処理空間 4 1 a に拡散して処理チャンバ 4 1 の内壁面やステージ 4 4 などに付着して脱ガスやパーティクルの発生源となるという問題、(2)基板表面 W f や層間絶縁膜 F に再付着するという問題、(3)電子ビーム発生ユニットの開口部に汚染蓄積し照射強度が低下するという問題などが発生するのを効果的に防止することができる。

10

**【 0 0 4 4 】**

また、上記のようにしてアルゴンガスと一緒に汚染物質が排気ガスとして処理空間 4 1 a から外側空間に排出されるが、この排気ガスが分解処理ユニット 4 9 b および吸着塔 4 9 c 1 (または 4 9 c 2) を通過して排気ガス中の汚染物質が除去される。こうして処理ガス(アルゴンガス)が生成されて処理空間 4 1 a に供給される。このように循環ファン 4 9 a の作動によりガス循環経路に沿ってアルゴンガスが循環するが、このガス循環動作は電子ビーム照射の間連続して行われる。

**【 0 0 4 5 】**

上記のように基板 W の移動により電子ビーム照射領域 I R が基板表面 W f の全面に対して X 方向に走査する、つまり基板表面 W f 全体が電子ビーム照射領域 I R を通過して基板 W が基板移動範囲 M R の下流側エンドに達すると、ステージ 4 4 の移動を停止して基板移動を完了させる。この基板移動完了をトリガーとして(ステップ S 6)、先に電子ビーム発生ユニット 4 0 A の作動を停止して(ステップ S 7)、電子ビームの照射を停止し、次にアルゴンガスの供給および排気ユニット 4 9 による排気動作が停止される(ステップ S 8)。また、アルゴンガスの供給および排気ユニット 4 9 による排気動作が停止されるとともに、ステージ 4 4 が上記したステージ動作と逆の動作により搬送ポジションに戻る(ステップ S 9)。なお、予定された全ての基板の処理が終われば、このタイミングでヒータ 4 5 を停止してもよい。このように本実施形態では、基板 W を X 方向に往復移動させているが、そのうち往路移動時のみに電子ビーム照射を行って層間絶縁膜 F を硬化させているため、短時間で、かつ効率的に硬化処理を実行することができる。もちろん、復路移動(図 2 の右手側から左手側への移動)中においても往路移動中と同様に硬化処理を実行してもよく、層間絶縁膜 F の種類や厚みなどのプロセス条件に応じて適宜選択することができる。また、プロセス条件に応じて往復移動を複数回行ってよい。

20

30

**【 0 0 4 6 】**

上記のようにして硬化処理が完了すると、シャッター 7 4 A が開成されて基板通過口 4 1 b が開放状態となる(ステップ S 1 0)。そして、搬送ロボット 1 1 は硬化処理済の基板 W をステージ 4 4 から受け取り、処理チャンバ 4 1 から搬出し(ステップ S 1 1)、コールドプレート 5 に搬送する。この基板搬出後にシャッター 7 4 A が閉じられ(ステップ S 1 2)、次の基板 W が搬送されてくるのを待つ。

**【 0 0 4 7 】**

以上のように、本実施形態では、電子ビーム照射を行っている間、大気圧または若干陽圧雰囲気、電子ビーム照射領域 I R にはアルゴンガスを供給する一方、電子ビーム照射領域 I R の周囲を排気しているため、基板 W への電子ビーム照射によって発生する汚染物質をアルゴンガスと一緒に排気ガスとして処理空間 4 1 a の外側空間に排気することができる。その結果、基板表面への汚染物質の再付着や処理空間 4 1 a 全体への汚染物質の拡散を効果的に防止することができる。さらに、排気ガスから汚染物質を除去して処理ガス、つまり基板処理に使用されたアルゴンガスを生成するとともに、当該処理ガスを処理空間 4 1 a に供給して処理空間 4 1 a を処理ガス(アルゴンガス)によりパージしているため、処理チャンバ 4 1 への汚染物質の付着を効果的に防止することができる。

40

**【 0 0 4 8 】**

50

また、この実施形態では、電子ビーム照射領域 I R に対しては未使用、つまりフレッシュなアルゴンガスを供給して硬化処理を良好に行うとともに、基板 W を取り巻く処理空間 4 1 a には処理ガス（一度使用されたアルゴンガス）を用いてパージ処理を行っている。したがって、アルゴンガスが効率的に利用されており、低ランニングコストでありながらも硬化処理を良好に行うことができる。

【 0 0 4 9 】

（その他）

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。例えば上記実施形態では、不活性ガスとしてアルゴンガスを用いているが、アルゴンガス以外の不活性ガス（例えばキセノンガスや窒素ガス等）を用いてもよいことはいうまでもない。

10

【 0 0 5 0 】

また、上記実施形態では、電子ビーム照射領域 I R を取り囲むように電子ビーム E B と略平行にアルゴンガスを吐出するとともにアルゴンガスと汚染物質と一緒に排出して非照射領域 N I R の雰囲気管理し、これによって基板表面側雰囲気 A P の雰囲気管理を行っているが、次に示す基板表面側雰囲気 A P の管理態様を採用してもよい。

【 0 0 5 1 】

また、上記実施形態では、2つの電子ビーム発生ユニット 4 0 A、4 0 B を用いて基板表面 W f に対して電子ビームを照射しているが、電子ビーム発生ユニットの個数や配置などについては任意である。また、上記実施形態では、電子ビーム発生ユニットを固定配置するとともに基板 W を基板移動範囲 M R の間で X 方向に移動させているが、両者をもとに移動させたり、基板を固定するとともに電子ビーム発生ユニットおよびパージボックスを一体的に移動させることで基板を X 方向に相対移動させてもよい。

20

【 0 0 5 2 】

また、上記実施形態では、2つの吸着塔 4 9 c 1、4 9 c 2 を切り替え可能に設けているが、吸着塔の個数や配置などについては任意である。例えば、単一の吸着塔により排気ガスから水分および二酸化炭素を吸着除去してもよく、この場合、硬化処理を行っていない間に再生処理を行うのが望ましい。また、3つ以上の吸着塔を設けて吸着塔切替ユニットにより吸着処理を実行する吸着塔を順次切り替えるように構成してもよい。

30

【 0 0 5 3 】

また、上記実施形態では、基板表面 W f に向けて電子ビームを照射して未硬化状態の層間絶縁膜 F を硬化する電子ビームキュア装置に対して本発明を適用しているが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではなく、基板表面に向けて電子ビームを照射して所定の基板処理を施す基板処理装置全般に本発明を適用することができる。

【 0 0 5 4 】

また、層間絶縁膜の誘導率（k 値）を現在の  $k = 3$  程度から更に下げた  $k = 2.2 \sim 2.4$  の膜、即ち、Ultra Low - k 膜を得るため Low - k 膜中に空孔を発生させるようポロジェン（Porogen）等の有機物を Low - k 膜中に導入し、これに電子ビームを照射し、ポロジェンを分解・ガス化して空孔を得ると同時に、水素などの末端基をガス化し、より強固な膜を得る基板処理方法にも適用することができる。

40

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 5 】

この発明は、半導体ウエハ、フォトマスク用ガラス基板、液晶表示用ガラス基板、プラズマ表示用ガラス基板、F E D（Field Emission Display）用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、光磁気ディスク用基板などを含む基板全般の表面に電子ビームを照射して所定の処理を実行する基板処理装置および基板処理方法に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 6 】

【図 1】この発明にかかる基板処理装置の一実施形態を装備した基板処理システムを示す

50

図である。

【図 2】本発明にかかる基板処理装置の一実施形態である電子ビームキュア装置を示す断面図である。

【図 3】パージボックスを下方から見た斜視図である。

【図 4】図 2 に示す電子ビームキュア装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図 5】図 2 に示す電子ビームキュア装置でのガス供給系統を示す図である。

【図 6】図 2 の電子ビームキュア装置の動作を示すフローチャートである。

【図 7】電子ビーム照射領域 I R の近傍を模式的に示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 7 】

4 A、4 B ... 電子ビームキュア装置（基板処理装置）

4 0 A、4 0 B ... 電子ビーム発生ユニット

4 1 ... 処理チャンバ

4 1 a ... 処理空間

4 3 a ~ 4 3 e ... 配管（循環経路形成部）

4 4 ... ステージ（移動手段）

4 6 ... ステージ駆動ユニット（移動手段）

4 6 b ... リニア駆動部（移動手段）

4 7 ... パージボックス（循環経路形成部）

4 8 ... アルゴンガス供給ユニット（ガス供給手段）

4 9 a ... 循環ファン

4 9 b ... 分解処理ユニット（除去部）

4 9 c 1、4 9 c 2 ... 吸着塔

E B ... 電子ビーム

F ... 層間絶縁膜

I R ... 電子ビーム照射領域 I R

W ... 基板

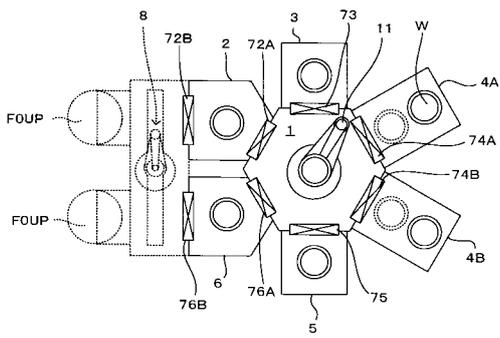
W f ... 基板表面

X ... 移動方向

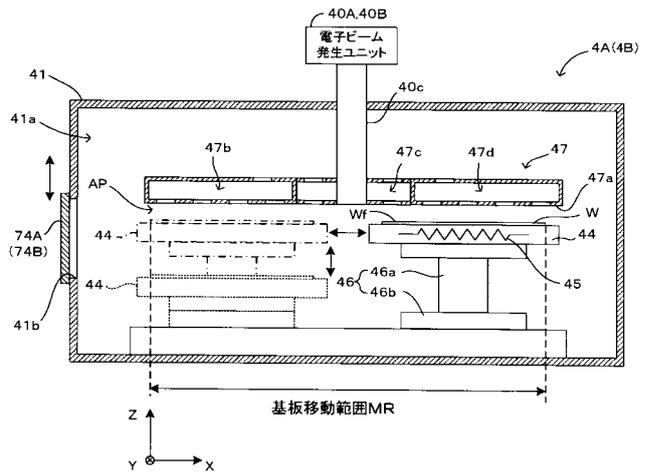
10

20

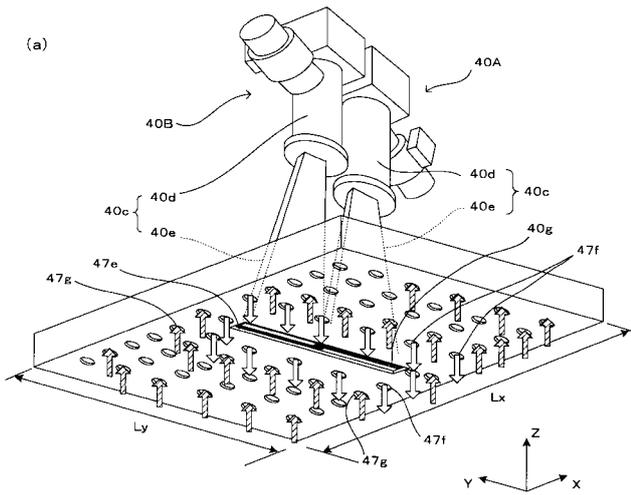
【図1】



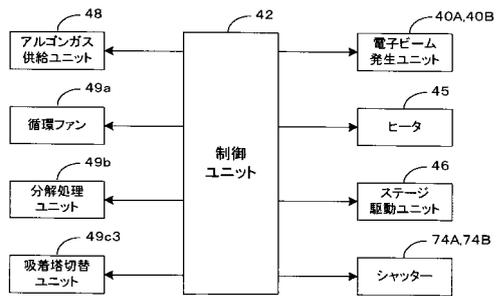
【図2】



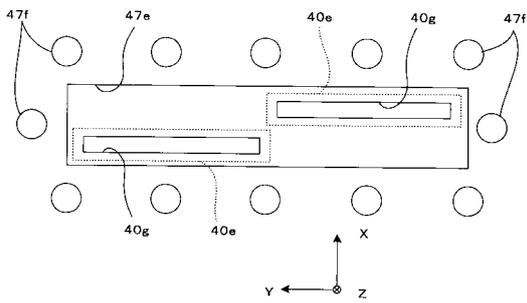
【図3】



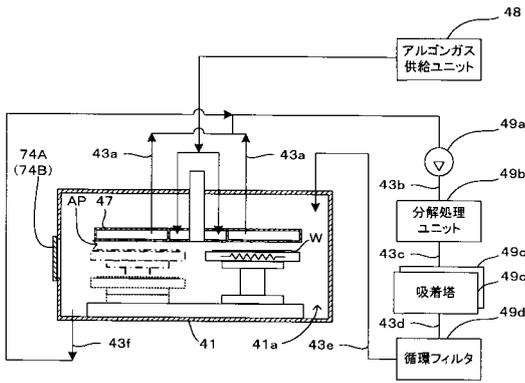
【図4】



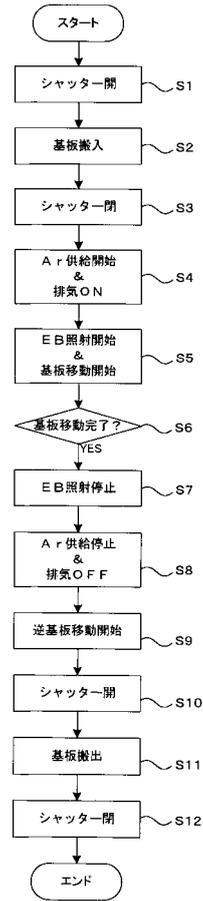
(b)



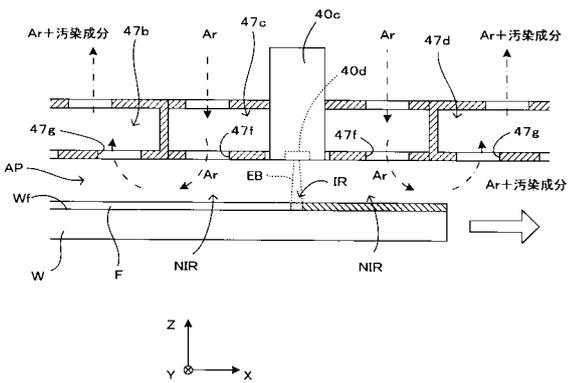
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 石川 昌義

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

Fターム(参考) 5F033 QQ54 RR21

5F045 AA03 AB39 AC15 AC16 AD07 AF01 AF07 AF10 BB08 BB14  
CB05 DC63 DP03 DQ10 DQ17 EE14 EF05 EF20 EM10 EN04  
HA01 HA19  
5F058 AA10 AC03 AC10 AD05 AD09 AF01 AF04 AF10 AG01 AG10  
AH02 BA20 BC02 BC20 BD03 BD18 BE10 BF75 BG04 BH20  
BJ02