(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3769426号
(P3769426)
(45)発行日　平成18年4月26日(2006.4.26)　(24)登録日　平成18年2月10日(2006.2.10)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 21/316 (2006.01)　H01L 21/316

請求項の数 5　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平11-269397
(22)出願日　平成11年9月22日(1999.9.22)
(65)公開番号　特開2001-93899(P2001-93899A)
(43)公開日　平成13年4月6日(2001.4.6)
審査請求日　平成13年9月20日(2001.9.20)
審判番号　不服2003-4970(P2003-4970/J1)
審判請求日　平成15年3月26日(2003.3.26)

(73)特許権者　000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目３番６号
(74)代理人　100104215
弁理士　大森　純一
(72)発明者　小宮　隆行
山梨県韮崎市穂坂町三ッ沢６５０番地　東京エレクトロン株式会社　山梨事業所内
(72)発明者　永嶋　慎二
熊本県菊池郡菊陽町津久礼２６５５番地　東京エレクトロン九州株式会社　熊本事業所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】絶縁膜形成装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板上に無機系の第１の絶縁膜材料を塗布する第１の塗布装置と、
前記塗布された第１の絶縁膜材料上に有機系の第２の絶縁膜材料を塗布する第２の塗布装置と、
前記第１及び前記第２の塗布装置により絶縁膜材料が塗布された基板を熱処理する、それぞれ異なる熱処理条件に設定された複数種類の熱処理装置と、
これらの装置間で基板を搬送する搬送装置とを一体的に備え、
前記複数種類の熱処理装置は１枚ずつ基板に所定の処理を施す枚葉式処理装置であり、
さらに、前記複数種類の熱処理装置は、少なくとも、
前記基板に塗布された第１乃至第２の絶縁膜材料から溶媒を乾燥するための熱処理装置と、
前記基板に塗布された第１乃至第２の絶縁膜材料を低酸素雰囲気中で加熱し縮重合する低酸素高温加熱処理装置と、
前記第１乃至第２の絶縁膜材料を低酸素雰囲気中で加熱し焼成するとともに加熱された前記第１乃至第２の絶縁膜材料を冷却するために、連通した加熱処理室と冷却処理室とを有し、さらに、基板を載置して冷却するための冷却板と、この冷却板を前記加熱処理室と冷却処理室との間で水平方向に移動させる移動機構とを有することで当該両処理室の間で直接基板の受け渡しができるように構成された低酸素キュア・冷却処理装置と
を具備することを特徴とする絶縁膜形成装置。

【請求項２】
前記低酸素キュア・冷却処理装置は、前記第１の塗布装置により第１の絶縁膜材料が塗布された基板と前記第２の塗布装置により第２の絶縁膜材料が塗布された基板とで共用されることを特徴とする請求項１に記載の絶縁膜形成装置。
【請求項３】
前記共用される低酸素キュア・冷却処理装置における前記加熱処理室での加熱処理温度は、前記複数種類の熱処理装置のうち最も高い温度に設定されたものであることを特徴とする請求項２に記載の絶縁膜形成装置。
【請求項４】
前記第１及び前記第２の塗布装置は、それぞれ、スピンコート法によって基板上に第１の絶縁膜乃至第２の絶縁膜を塗布することを特徴とする請求項１から請求項３のうちいずれか１項に記載の絶縁膜形成装置。
【請求項５】
前記第１の塗布装置は、基板上に多孔質の第１の絶縁膜材料を塗布し、前記第２の塗布装置は、前記塗布された第１の絶縁膜材料上に、この塗布された第１の絶縁膜材料の表面に表れる空孔に埋まり込み、かつ、塗布後の表面が平坦化するような第２の絶縁膜を塗布することを特徴とする請求項１から請求項４のうちいずれか１項に記載の絶縁膜形成装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、半導体ウエハ等の基板上に２層以上からなる絶縁膜を形成する絶縁膜形成方法及び絶縁膜形成装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」と呼ぶ。）上に形成される層間絶縁膜を平坦化する技術は、多層配線技術の中でも重要である。その一つとして、層間絶縁膜を多層化する技術がある。
【０００３】
例えば特開平１０－１３５２０１号公報には、かかる層間絶縁膜を形成する方法が開示されている。この方法によれば、下地層間絶縁膜上に無機系ＳＯＧ溶液をスピンコートにより塗布し、１００～２５０℃程度加熱して前乾燥を行って無機系ＳＯＧ膜（第１の絶縁膜）を形成し、その上にＴＥＯＳをベースとしたプラズマＣＶＤ法によりシリコン酸化膜（第２の絶縁膜）を形成している。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、上記のように第２の絶縁膜をＣＶＤ法によって成膜すると、その化学反応によって第１の絶縁膜や第２の絶縁膜の低誘電率特性が悪化する、という問題がある。
【０００５】
また、本発明者等の実験によれば、第２の絶縁膜をＣＶＤ法によって成膜すると、第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性が悪い、ということが判明している。
【０００６】
更に、上記の方法では、第１の絶縁膜の形成は枚葉処理であるスピンコートであるのに対して、第２の絶縁膜の形成はバッチ処理であるＣＶＤ法であるため、それぞれが別個の装置構成（例えばこれら各装置間をＡＧＶを使って搬送する構成）となり、生産効率や装置コストの面でも問題がある。
【０００７】
また更に、上記の方法では、無機系ＳＯＧ溶液の塗布後に１００～２５０℃程度の加熱により前乾燥を行っているだけなので、第２の絶縁膜の形成後に第１の絶縁膜についても焼成する必要があり、そのため第２の絶縁膜として透水性のある材料を選定することが要求

される、という問題がある。

【０００８】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたもので、低誘電率特性が良好で第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性がよく、しかも第１の絶縁膜と第２の絶縁膜の形成を同一の装置内で行うことができ、更に第２の絶縁膜の材料の選択範囲を広げることができる絶縁膜形成方法及び絶縁膜形成装置を提供することを目的としている。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため、本発明の絶縁膜形成方法は、（ａ）基板上に無機系の第１の絶縁膜材料を塗布する工程と、（ｂ）前記塗布された第１の絶縁膜材料上に有機系の第２の絶縁膜材料を塗布する工程とを備え、前記工程（ａ）と前記工程（ｂ）との間及び前記工程（ｂ）の後に、それぞれ、異なる温度の複数段の熱処理工程を具備することを特徴とする。

【００１０】

本発明によれば、第１の絶縁膜及び第２の絶縁膜について共にＣＶＤという工程を経ることなく、”材料の塗布”という工程を経て形成しているので、低誘電率特性が良好で第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性がよく、しかも第１の絶縁膜と第２の絶縁膜の形成を同一の装置内で行うことができる。また、第１の絶縁膜材料塗布後及び第２の絶縁膜材料塗布後に、それぞれ異なる温度の複数段の熱処理工程、例えば乾燥、縮重合、焼成を行っているので、第２の絶縁膜の形成後に第１の絶縁膜について焼成する必要はなく、そのため第２の絶縁膜として透水性のある材料を選定することは必ずしも要求されず、この結果第２の絶縁膜の材料の選択範囲を広げることができる。

【００１１】

本発明の一の態様によれば、前記複数段の熱処理工程は、それぞれ、５００℃以下であることを特徴とする。これにより、絶縁膜より下層に形成された配線パターンの断線等を防止することができる。

【００１２】

本発明の一の態様によれば、前記複数段の熱処理工程は、段階的に温度が高められていくことを特徴とする。これにより、例えば乾燥、縮重合、焼成等をそれぞれ別の加熱処理装置により区分けして効率よく行うことができる。

【００１３】

従って、本発明の一の態様によれば、前記複数段の熱処理工程は、少なくとも、前記塗布された第１乃至第２の絶縁膜材料から溶媒を乾燥するための熱処理工程と、前記溶媒が乾燥された第１乃至第２の絶縁膜材料を縮重合するための熱処理工程とを具備することを特徴とする。

【００１４】

本発明の一の態様によれば、前記工程（ａ）と前記工程（ｂ）との間における最終段の熱処理工程と前記工程（ｂ）の後における最終段の熱処理工程とが少なくとも温度条件に関してほぼ同一となるように、前記工程（ａ）と前記工程（ｂ）との間における最終段以前の熱処理工程及び前記工程（ｂ）の後における最終段以前の熱処理工程の処理条件をそれぞれ定めたことを特徴とする。これにより、工程（ａ）と工程（ｂ）との間における最終段の熱処理工程と工程（ｂ）の後における最終段の熱処理工程とを同一の加熱処理装置によって行うことができる。特に、最終段の熱処理工程が焼成工程であるときには、熱処理温度が最も高温になることから、工程（ａ）と工程（ｂ）との間における最終段の熱処理工程と工程（ｂ）の後における最終段の熱処理工程とを同一の加熱処理装置で行うことは、装置構成面及びエネルギー面で好ましい。

【００１５】

本発明の一の態様によれば、前記工程（ａ）及び前記工程（ｂ）では、それぞれ、スピンコート法によって基板上に第１の絶縁膜乃至第２の絶縁膜が塗布されることを特徴とする。

【００１６】
本発明の絶縁膜形成方法は、（ａ）基板上に多孔質の第１の絶縁膜材料を塗布する工程と、（ｂ）前記塗布された第１の絶縁膜材料上に、該塗布された第１の絶縁膜材料の表面に表れる空孔に埋まり込み、かつ、塗布後の表面が平坦化するような第２の絶縁膜材料を塗布する工程とを具備することを特徴とする。
【００１７】
本発明によれば、低誘電率特性が良好で第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性がよく、しかも第１の絶縁膜と第２の絶縁膜の形成を同一の装置内で行うことができ、更により平坦な絶縁膜を形成することが可能となる。
【００１８】
本発明の絶縁膜の形成装置は、基板上に無機系の第１の絶縁膜材料を塗布する第１の塗布装置と、前記塗布された第１の絶縁膜材料上に有機系の第２の絶縁膜材料を塗布する第２の塗布装置と、前記第１及び前記第２の塗布装置により絶縁膜材料が塗布された基板を熱処理する、それぞれ異なる熱処理条件に設定された複数種類の熱処理装置と、これらの装置間で基板を搬送する搬送装置とを一体的に備えたことを特徴とする。
【００１９】
本発明によれば、低誘電率特性が良好で第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性がよく、しかも第１の絶縁膜と第２の絶縁膜の形成を同一の装置内で行うことができる。
【００２０】
本発明の一の態様によれば、前記複数種類の熱処理装置のうち少なくとも１つの熱処理装置は、前記第１の塗布装置により第１の絶縁膜材料が塗布された基板と前記第２の塗布装置により第２の絶縁膜材料が塗布された基板とで共用されることを特徴とする。これにより、装置構成面及びエネルギー面で好ましいこととなる。
【００２１】
従って、本発明の一の態様によれば、前記共用される熱処理装置は、前記複数種類の熱処理装置のうち最も高い温度に設定されたものであることを特徴とする。
【００２２】
また、本発明の一の態様によれば、前記第１及び前記第２の塗布装置は、それぞれ、スピンコート法によって基板上に第１の絶縁膜乃至第２の絶縁膜を塗布することを特徴とする。
【００２３】
【発明の実施の形態】
以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。
図１～図３は本発明の一実施形態に係るＳＯＤ（Ｓｐｉｎ　ｏｎ　Ｄｉｅｌｅｃｔｒｉｃ）処理システムの全体構成を示す図であって、図１は平面図、図２は正面図、図３は背面図である。
【００２４】
このＳＯＤ処理システム１は、基板としての半導体ウエハ（以下、ウエハと呼ぶ。）Ｗをウエハカセットｃｒで複数枚、例えば２５枚単位で外部からシステムに搬入しまたはシステムから搬出したり、ウエハカセットＣＲに対してウエハＷを搬入・搬出したりするためのカセットブロック１０と、ＳＯＤ塗布工程の中で１枚ずつウエハＷに所定の処理を施す枚葉式の各種処理ステーションを所定位置に多段配置してなる処理ブロック１１と、エージング工程にて必要とされるアンモニア水のボトル、バブラー、ドレインボトル等が設置されたキャビネット１２とを一体的に接続した構成を有している。
【００２５】
カセットブロック１０では、図１に示すように、カセット載置台２０上の突起２０ａの位置に複数個例えば４個までのウエハカセットＣＲがそれぞれのウエハ出入口を処理ブロック１１側に向けてＸ方向一列に載置され、カセット配列方向（Ｘ方向）及びウエハカセットＣＲ内に収納されたウエハのウエハ配列方向（Ｚ垂直方向）に移動可能なウエハ搬送体２１が各ウエハカセットＣＲに選択的にアクセスするようになっている。更に、このウエ

ハ搬送体２１は、θ方向に回転可能に構成されており、後述するように処理ブロック１１側の第３の組Ｇ３の多段ステーション部に属する受け渡し・冷却プレート（ＴＣＰ）にもアクセスできるようになっている。

【００２６】

処理ブロック１１では、図１に示すように、中心部に搬送装置としての垂直搬送型の主ウエハ搬送機構２２が設けられ、その周りに全ての処理ステーションが１組または複数の組に亙って多段に配置されている。この例では、４組Ｇ１、Ｇ２、Ｇ３、Ｇ４の多段配置構成であり、第１および第２の組Ｇ１、Ｇ２の多段ステーションはシステム正面（図１において手前）側に並置され、第３の組Ｇ３の多段ステーションはカセットブロック１０に隣接して配置され、第４の組Ｇ４の多段ステーションはキャビネット１２に隣接して配置されている。

【００２７】

図２に示すように、第１の組Ｇ１では、カップＣＰ内でウエハＷをスピンチャックに載せて無機系の絶縁膜材料（例えば会社名：アライド・シグナル、商品名：Ｎａｎｏｇｌａｓｓ）を供給し、ウエハを回転させることによりウエハ上に均一な無機系の絶縁膜材料を塗布する第１の塗布処理ステーション（ＣＴ１）と、同様の構成でウエハ上に有機系の絶縁膜材料（例えば会社名：アライド・シグナル、商品名：ＨＯＳＰ）を供給して塗布する第２の塗布処理ステーション（ＣＴ２）とが下から順に２段に重ねられている。

【００２８】

第２の組Ｇ２では、上記の各塗布処理ステーション（ＣＴ１、２）と同様の構成で、ウエハＷ上にＨＭＤＳ及びヘプタン等のエクスチェンジ用薬液を供給し、ウエハＷ上に塗布された無機系の絶縁膜中の溶媒を乾燥工程前に他の溶媒に置き換える処理を行う第３の塗布処理ステーション（ＣＴ３）が上段に配置されている。

【００２９】

なお、必要に応じて第２の組Ｇ２の下段に塗布処理ステーション（ＣＴ）を配置することも可能である。また、第２の組Ｇ２の下段に上記のステーションと同様の構成として、例えば層間絶縁膜が形成されたウエハＷ上にレジスト液を供給するようにしてもよい。

【００３０】

図３に示すように、第３の組Ｇ３では、２個の低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）と、受け渡し・冷却プレート（ＴＣＰ）と、冷却処理ステーション（ＣＰＬ）とが上から順に多段に配置されている。ここで、低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）は密閉化可能な処理室内にウエハＷが載置される熱板を有し、熱板の外周の穴から均一にN_2ガスを吐出しつつ処理室上部中央より排気し、低酸素化雰囲気中でウエハＷを高温加熱処理する。冷却処理ステーション（ＣＰＬ）はウエハＷが載置される冷却板を有し、ウエハＷを冷却処理する。受け渡し・冷却プレート（ＴＣＰ）は下段にウエハＷを冷却する冷却板、上段に受け渡し台を有する２段構造とされ、カセットブロック１０と処理ブロック１１との間でウエハＷの受け渡しを行う。

【００３１】

第４の組Ｇ４では、低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）と、２個の低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）と、エージング処理ステーション（ＤＡＣ）とが上から順に多段に配置されている。ここで、低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）は密閉化可能な処理室内に熱板と冷却板とを有し、N_2置換された低酸素雰囲気中で高温加熱処理すると共に加熱処理されたウエハＷを冷却処理する。低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）はウエハＷが載置される熱板を有し、ウエハＷを低温加熱処理する。エージング処理ステーション（ＤＡＣ）は密閉化可能な処理室内にアンモニアガスと水蒸気とを混合した処理気体（NH_3＋H_2O）を導入してウエハＷをエージング処理し、ウエハＷ上の絶縁膜材料をウェットゲル化する。

【００３２】

図４は上述したの主ウエハ搬送機構２２の外観を示した斜視図であり、この主ウエハ搬送機構２２は上端及び下端で相互に接続され対向する一対の壁部２５、２６からなる筒状支

持体２７の内側に、上下方向（Ｚ方向）に昇降自在なウェハ搬送装置３０を装備している。筒状支持体２７はモータ３１の回転軸に接続されており、このモータ３１の回転駆動力によって、前記回転軸を中心としてウェハ搬送装置３０と一体に回転する。従って、ウェハ搬送装置３０はθ方向に回転自在となっている。このウェハ搬送装置３０の搬送基台４０上にはピンセットが例えば3本備えられている。これらのピンセット４１、４２、４３は、いずれも筒状支持体２７の両壁部２５、２６間の側面開口部４４を通過自在な形態及び大きさを有しており、Ｘ方向に沿って前後移動が自在となるように構成されている。そして、主ウエハ搬送機構２２はピンセット４１、４２、４３をその周囲に配置された処理ステーションにアクセスしてこれら処理ステーションとの間でウエハWの受け渡しを行う。

【００３３】

図５は上述した第１～第３の塗布処理ステーション（ＣＴ１～ＣＴ３）の全体構成を示す略断面図、図６はその略平面図である。

【００３４】

これらの第１～第３の塗布処理ステーション（ＣＴ１～ＣＴ３）は同様の構造である。即ち、これらの第１～第３の塗布処理ステーション（ＣＴ１～ＣＴ３）では、ユニット底の中央部に環状のカップＣＰが配設され、その内側にスピンチャック７２が配置されている。スピンチャック７２は真空吸着によってウエハWを固定保持した状態で、駆動モータ７４の回転駆動力で回転するように構成されている。駆動モータ７４は図示を省略したシリンダーによって昇降移動可能に配置され、これによりスピンチャック７２が昇降可能とされている。またカップＣＰの中は、廃液用のドレイン口７５と排気用のドレイン口７６が別個に設けられている。

【００３５】

ウエハWのウエハ表面に溶液（第１の塗布処理ステーション（ＣＴ１）では無機系の絶縁膜材料、第２の塗布処理ステーション（ＣＴ２）では有機系の絶縁膜材料、第３の塗布処理ステーション（ＣＴ３）ではエクスチェンジ用薬液）を供給するための溶液供給ノズル８６は、溶液供給管８８を介して溶液供給部（図示せず）に接続されている。溶液供給ノズル８６は、カップＣＰの外側に配設されたノズル待機部９０でノズルスキャンアーム９２の先端部に着脱可能に取り付けられ、スピンチャック７２の上方に設定された所定の溶液液吐出位置まで移送されるようになっている。ノズルスキャンアーム９２は、ユニット底板７０の上に一方向（Ｙ方向）に敷設されたガイドレール９４上で水平移動可能な垂直支持部材９６の上端部に取り付けられており、図示しないＹ方向駆動機構によって垂直支持部材９６と一体にＹ方向で移動するようになっている。

【００３６】

ノズルスキャンアーム９２は、ノズル待機部９０で溶液供給ノズル８６を選択的に取り付けるためにＹ方向と直角なＸ方向にも移動可能であり、図示しないＸ方向駆動機構によってＸ方向にも移動するようになっている。

【００３７】

またノズル待機部９０で溶液供給ノズル８６の吐出口が溶媒雰囲気室の口９０ａに挿入され、中で溶媒の雰囲気に晒されることで、ノズル先端の溶液が固化または劣化しないようになっている。また、複数本の溶液供給ノズル８６，８６，…が設けられ、溶液の種類に応じてそれらのノズルが使い分けられるようになっている。

【００３８】

図７は上述した冷却処理ステーション（ＣＰＬ）の断面図、図８はその平面図である。

【００３９】

冷却処理ステーション（ＣＰＬ）のほぼ中央には、ウェハWを冷却処理するためのプレートとしての冷却板３２が配置されている。この冷却板３２は例えばウェハWより少し大きな直径で円形状であり、この冷却板３２内には図示を省略したサーボモジュールが埋設され、サーボモジュールに対して近接して設けられた冷却流路にサーボモジュール冷却用の冷却水が流すことで、サーボモジュールによる冷却板３２の冷却が行われるようになって

いる。
【００４０】
冷却板３２の表面と裏面との間に、複数カ所、例えば３カ所に貫通穴３４が設けられている。これら貫通穴３４には、それぞれ、ウェハWの受け渡しのための複数本、例えば３本の支持ピン３５が出没可能に介挿されている。これら支持ピン３５は、冷却板３２の裏面側に配置された結合部材３６により、冷却板３２の裏面側で一体に結合されている。結合部材３６は、冷却板３２の裏面側に配置された昇降シリンダー３７に接続されている。昇降シリンダー３７の昇降動作により、支持ピン３５は冷却板３２の表面から突き出たり、没したりする。支持ピン３５は、冷却板３２の表面から突き出た状態で、主ウエハ搬送機構２２との間でウェハWの受け渡しを行う。主ウエハ搬送機構２２からウェハWを受け取った支持ピン３５は、下降して冷却板３２内に没し、これによりウェハWは冷却板３２上で冷却処理が行われるようになっている。
【００４１】
また冷却板３２の上方には、冷却カバー３８が配置されている。なお、この冷却カバー３８の上面には支持ピンを設けてウエハWの待機部を構成することも可能である。
【００４２】
更にこの冷却処理ステーション（ＣＰＬ）では、ウェハWを冷却板３２上に密着することなく冷却板３２上で浮かせて保持するためのプロキシミティシート５１がウエハW載置位置の外周部の複数カ所、例えば６カ所に配置され、更にウエハW載置位置の中央にプロキシミティピン５２が配置されている。
【００４３】
またプロキシミティシート５１は、それぞれウエハW載置位置の外側に延在しており、各プロキシミティシート５１の延在した位置には、それぞれ基板案内用の案内ガイド５３が配置されている。
【００４４】
図９は上記のエージング処理ステーション（ＤＡＣ）の断面図である。
エージング処理ステーション（ＤＡＣ）は、ヒータ６１ａを内蔵した例えばセラミックスからなる加熱プレート６１と、この加熱プレート６１の上方に処理室をなす空間Ｓを形成するように、この加熱プレート６１の周縁部にシール部材６２を介して密接するとともに、加熱プレート６１に対して接離する蓋６３と、加熱プレート６１に置かれたウエハを囲むように、この加熱プレート６１の表面に供給口が形成されたガス供給路６４と、蓋６３の中央部に吸い込み口が形成された排気路６５と、加熱プレート６１とのその上方位置との間でウエハWを昇降する３本の昇降ピン６６とを具備している。
【００４５】
このエージング処理ステーション（ＤＡＣ）では、アンモニアがサイドキャビネット１２内のバブラー及びマスフローコントローラ（図示せず）により蒸気化されて、上述したガス供給路６４を介して処理室Ｓ内に供給され、排気路６５からの排気は、サイドキャビネット１２内のドレンタンク（図示せず）によりトラップされるようになっている。
【００４６】
図１０は上述した低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）の断面図である。
低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）のほぼ中央には、ウェハWを加熱処理するためのプレートとしての熱板１３２が配置されている。この熱板１３２内には図示を省略したヒータが埋め込まれている。
【００４７】
熱板１３２の表面と裏面との間に、複数カ所、例えば３カ所に貫通穴１３４が設けられている。これら貫通穴１３４には、それぞれ、ウェハWの受け渡しのための複数本、例えば３本の支持ピン１３５が出没可能に介挿されている。これら支持ピン１３５は、熱板１３２の裏面側に配置された結合部材１３６により、熱板１３２の裏面側で一体に結合されている。結合部材１３６は、熱板１３２の裏面側に配置された昇降シリンダー１３７に接続されている。昇降シリンダー１３７の昇降動作により、支持ピン１３５は熱板１３２の表

面から突き出たり、没したりする。
【００４８】
また熱板１３２の上方には、昇降カバー１３８が配置されている。この昇降カバー１３８は、昇降シリンダー１３９によって昇降可能とされている。そして、昇降カバー１３８が図示のように下降すると、昇降カバー１３８と熱板１３２との間で加熱処理を行うための密閉空間が形成されるようになっている。
【００４９】
図１１は上述した低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）の断面図である。
低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）のほぼ中央には、ウェハＷを加熱処理するためのプレートとしての熱板２３２が配置されている。この熱板２３２内には図示を省略したヒータが埋め込まれている。
【００５０】
熱板２３２の表面と裏面との間に、複数カ所、例えば３カ所に貫通穴２３４が設けられている。これら貫通穴２３４には、それぞれ、ウェハＷの受け渡しのための複数本、例えば３本の支持ピン２３５が出没可能に介挿されている。これら支持ピン２３５は、熱板２３２の裏面側に配置された結合部材２３６により、熱板２３２の裏面側で一体に結合されている。結合部材２３６は、熱板２３２の裏面側に配置された昇降シリンダー２３７に接続されている。昇降シリンダー２３７の昇降動作により、支持ピン２３５は熱板２３２の表面から突き出たり、没したりする。
【００５１】
また熱板２３２の上方には、昇降カバー２３８が配置されている。この昇降カバー２３８は、昇降シリンダー２３９によって昇降可能とされている。そして、昇降カバー２３８が図示のように下降すると、昇降カバー２３８と熱板２３２との間で加熱処理を行うための密閉空間が形成されるようになっている。
【００５２】
更に熱板２３２の外周の穴２４０から均一にN_2ガスを吐出しつつ昇降カバー２３８中央の排気口２４１より排気することで、低酸素化雰囲気中でウエハＷを高温加熱処理するようになっている。
【００５３】
図１２は上述した低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）の平面図、図１３はその断面図である。
【００５４】
低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）は、加熱処理室３４１と、これに隣接して設けられた冷却処理室３４２とを有しており、この加熱処理室３４１は、設定温度が２００～４７０℃とすることが可能な熱板３４３を有している。この低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）は、さらに主ウエハ搬送機構２２との間でウエハＷを受け渡しする際に開閉される第１のゲートシャッター３４４と、加熱処理室３４１と冷却処理室３４２との間を開閉するための第２のゲートシャッター３４５と、熱板３４３の周囲でウエハＷを包囲しながら第２のゲートシャッター３４５と共に昇降されるリングシャッター３４６とを有している。さらに、熱板３４３には、ウエハＷを載置して昇降するための３個の支持ピン３４７が昇降自在に設けられている。なお、熱板３４３とリングシャッター３４６との間に遮蔽板スクリーンを設けてもよい。
【００５５】
加熱処理室３４１の下方には、上記３個の支持ピン３４７を昇降するための昇降機構３４８と、リングシャッター３４６を第２のゲートシャッター３４５と共に昇降するための昇降機構３４９と、第１のゲートシャッター３４４を昇降して開閉するための昇降機構３５０とが設けられている。
【００５６】
また、加熱処理室３４１は、図示しない供給源から、その中にＮ２等の不活性ガスが供給されるように構成され、さらに、その中が排気管３５１を介して排気されるように構成さ

れている。そして、このように不活性ガスを供給しながら排気することにより、加熱処理室３４１内が低酸素濃度（例えば５０ｐｐｍ以下）雰囲気に維持されるようになっている。

【００５７】

この加熱処理室３４１と冷却処理室３４２とは、連通口３５２を介して連通されており、ウエハＷを載置して冷却するための冷却板３５３がガイドプレート３５４に沿って移動機構３５５により水平方向に移動自在に構成されている。これにより、冷却板３５２は、連通口３５２を介して加熱処理室３４１内に進入することができ、加熱処理室４１内の熱板３４３により加熱された後のウエハＷを支持ピン３４７から受け取って冷却処理室３４２内に搬入し、ウエハＷの冷却後、ウエハＷを支持ピン３４７に戻すようになっている。

【００５８】

さらに、冷却処理室３４２は、供給管３５６を介してその中にＮ２等の不活性ガスが供給されるように構成され、さらに、その中が排気管３５７を介して外部に排気されるように構成されている。これにより、加熱処理室３４１同様に、冷却処理室３４２内が低酸素濃度（例えば５０ｐｐｍ以下）雰囲気に維持されるようになっている。

【００５９】

本実施形態に係るＳＯＤシステム１は以上のように構成されている。そして、このＳＯＤシステム１では、図１４に示すように例えば配線４０１等が形成されたウエハＷ上にまず無機系の第１の絶縁膜４０２を形成し、その上に有機系の第２の絶縁膜４０３を形成することで、二層からなる層間絶縁膜４０４を形成している。換言すると、ウエハＷ上にまず多孔質の第１の絶縁膜材料を塗布して第１の絶縁膜４０２を形成し、塗布された第１の絶縁膜材料上に、該塗布された第１の絶縁膜材料の表面に表れる空孔に埋まり込み、かつ、塗布後の表面が平坦化するような第２の絶縁膜材料を塗布して第２の絶縁膜４０３を形成することで、二層からなる層間絶縁膜４０４を形成している。これにより、低誘電率特性が良好で表面が平坦な層間絶縁膜４０４を形成することができる。なお、このように無機系の第一の絶縁膜の上に有機系の第二の絶縁膜を形成するものであれば、これらの下層或いは上層に何らかの絶縁膜が形成されていても勿論構わない。

【００６０】

図１５はこのような二層からなる層間絶縁膜４０４を形成するためのＳＯＤ処理システム１における処理フローを示しており、以下この処理フローに従って該システムの動作を説明する。

【００６１】

まずカセットブロック１０において、処理前のウエハＷはウエハカセットＣＲからウエハ搬送体２１を介して処理ブロック１１側の第３の組$Ｇ_3$に属する受け渡し・冷却プレート（ＴＣＰ）における受け渡し台へ搬送される。

【００６２】

受け渡し・冷却プレート（ＴＣＰ）における受け渡し台に搬送されたウエハＷは主ウエハ搬送機構２２を介して冷却処理ステーション（ＣＰＬ）へ搬送される。そして冷却処理ステーション（ＣＰＬ）において、例えばウエハＷを２３℃前後に冷却する（ステップ１５０１）。

【００６３】

冷却処理ステーション（ＣＰＬ）で冷却処理されたウエハＷは主ウエハ搬送機構２２を介して第１の塗布処理ステーション（ＣＴ１）へ搬送される。そして第１の塗布処理ステーション（ＣＴ１）において、例えばウエハＷ上に３００ｎｍ～１１００ｎｍ程度、より好ましくは７００ｎｍ程度の厚さの無機系の第１の絶縁膜材料を塗布する（ステップ１５０２）。

【００６４】

第１の塗布処理ステーション（ＣＴ１）で無機系の第１の絶縁膜材料が塗布されたウエハＷは主ウエハ搬送機構２２を介してエージング処理ステーション（ＤＡＣ）へ搬送される。そしてエージング処理ステーション（ＤＡＣ）において、処理室内に（$ＮＨ_3$＋$Ｈ_2$Ｏ

）ガスを導入してウエハWをエージング処理し、ウエハW上の無機系の第１の絶縁膜材料をゲル化する（ステップ１５０３）。

【００６５】

エージング処理ステーション（ＤＡＣ）でエージング処理されたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して第３の塗布処理ステーション（ＣＴ３）へ搬送される。そして第３の塗布処理ステーション（ＣＴ３）において、ウエハW上にエクスチェンジ用薬液が供給され、ウエハ上に塗布された絶縁膜中の溶媒を他の溶媒に置き換える処理が行われる（ステップ１５０４）。

【００６６】

第３の塗布処理ステーション（ＣＴ３）で置換処理が行われたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）へ搬送される。そして低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）において、ウエハWを例えば１７５℃前後６０秒間程度低温加熱処理する（ステップ１５０５）。

【００６７】

低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）で低温加熱処理されたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）へ搬送される。そして低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）内の低酸素化雰囲気中において、例えばウエハWを３１０℃前後６０秒間程度高温加熱処理する（ステップ１５０６）。

【００６８】

低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）で高温加熱処理が行われたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）へ搬送される。そして低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）内の低酸素雰囲気中において、例えばウエハWを４５０℃前後６０秒間程度高温加熱処理し、その後２３℃前後で冷却処理する（ステップ１５０７）。

【００６９】

低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）で処理されたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して冷却処理ステーション（ＣＰＬ）へ搬送される。そして冷却処理ステーション（ＣＰＬ）において、例えばウエハWを２３℃前後に冷却する（ステップ１５０８）。

【００７０】

冷却処理ステーション（ＣＰＬ）で冷却処理されたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して第２の塗布処理ステーション（ＣＴ２）へ搬送される。そして第２の塗布処理ステーション（ＣＴ２）において、例えばウエハW上に２００ｎｍ～５００ｎｍ前後、より好ましくは３００ｎｍ程度の厚さの有機系の第２の絶縁膜材料を塗布する（ステップ１５０９）。

【００７１】

第２の塗布処理ステーション（ＣＴ２）で有機系の第２の絶縁膜材料が塗布されたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）へ搬送される。そして低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）において、例えばウエハWを１５０℃前後６０秒間程度低温加熱処理する（ステップ１５１０）。

【００７２】

低温加熱処理ステーション（ＬＨＰ）で低温加熱処理されたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）へ搬送される。そして低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）内の低酸素化雰囲気中において、例えばウエハWを２００℃前後６０秒間程度高温加熱処理する（ステップ１５１１）。

【００７３】

低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）で高温加熱処理が行われたウエハWは主ウエハ搬送機構２２を介して更に高温に設定された別の低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）へ搬送される。そしてこの低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）内の低酸素化雰囲気中において、ウエハWを３５０℃前後６０秒間程度高温加熱処理する（ステップ

１５１２）。
【００７４】
低酸素高温加熱処理ステーション（ＯＨＰ）で高温加熱処理が行われたウエハＷは主ウエハ搬送機構２２を介して低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）へ搬送される。そして低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）内の低酸素雰囲気中において、ウエハＷを４５０℃前後６０秒間程度高温加熱処理し、その後２３℃前後で冷却処理する（ステップ１５１３）。
【００７５】
低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）で処理されたウエハＷは主ウエハ搬送機構２２を介して冷却処理ステーション（ＣＰＬ）へ搬送される。そして冷却処理ステーション（ＣＰＬ）において、ウエハＷを２３℃前後に冷却する（ステップ１５１４）。
【００７６】
冷却処理ステーション（ＣＰＬ）で冷却処理されたウエハＷは主ウエハ搬送機構２２、受け渡し・冷却プレート（ＴＣＰ）及びウエハ搬送体２１を介してウエハカセットＣＲへ搬送される。
【００７７】
このように本実施形態のＳＯＤ処理システム１では、第１の絶縁膜４０２及び第２の絶縁膜４０３について共にスピンコート法によって形成しているので、第１の絶縁膜４０２と第２の絶縁膜４０３の形成を同一の該ＳＯＤ処理システム１内で行うことができる。
【００７８】
また、このように第１の絶縁膜４０２及び第２の絶縁膜４０３について共にスピンコート法によって形成した場合、低誘電率特性が良好で第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性がよくなる。ここで、図１６は第１の絶縁膜４０２単体でのＦＴ－ＩＲスペクトル及び第２の絶縁膜４０３単体でのＦＴ－ＩＲスペクトルをそれぞれ示しており、また図１７は第１の絶縁膜４０２と第２の絶縁膜４０３とを積層した際のＦＴ－ＩＲスペクトルを示している。図１７に示すスペクトルは図１６の各スペクトルの和になっているので、本発明によるプロセスによって不要な反応が起こっていないことが分かる。このことは、低誘電率特性が良好であることを意味する。また、図１８は従来例で説明した方法により形成した層間絶縁膜における第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との引っ張り強度及び本発明方法により形成した層間絶縁膜における第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との引っ張り強度を示す。本発明による方が引っ張り強度が遙かに強く、このことは第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性が良好であることを意味する。
【００７９】
また、本実施形態のＳＯＤ処理システム１では、無機系の第１の絶縁膜材料塗布後及び有機系の第２の絶縁膜材料塗布後に、それぞれ乾燥（ＬＨＰ）、縮重合（ＯＨＰ）、焼成（ＤＣＣ）を行っているので、第２の絶縁膜の形成後に第１の絶縁膜について焼成する必要はなく、そのため第２の絶縁膜として透水性のある材料を選定することは必ずしも要求されず、この結果第２の絶縁膜の材料の選択範囲を広げることができる。
【００８０】
更に、本実施形態のＳＯＤ処理システム１では、無機系の第１の絶縁膜及び有機系の第２の絶縁膜について共に同一の低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）で同一の温度で焼成できるようにＤＣＣ以前のそれぞれの熱処理工程の処理条件をそれぞれ定めているので、装置構成面及びエネルギー面で好ましい。即ち、本実施形態のＳＯＤ処理システム１では、最も高温に設定する必要があることから多大なエネルギーが必要で装置も高価となる低酸素キュア・冷却処理ステーション（ＤＣＣ）の数を減らすことがきるからである。
【００８１】
以上の実施形態では、無機系の第１の絶縁膜材料としてアライド・シグナル社製のＮａｎｏｇｌａｓｓを用い、有機系の第２の絶縁膜材料としてアライド・シグナル社製のＨＯＳＰを用いた例を説明したが、これらの絶縁膜材料とした様々なものを用いることができる

。
【００８２】
例えば、無機系の第１の絶縁膜材料としては、
ダウ・コーニング社製のＸＬＫ、
触媒化成社製のＩＰＳ
等を用いることができる。
【００８３】
また、有機系の第２の絶縁膜材料としては、
アライド・シグナル社製のＦＬＡＲＥ、
ダウ・ケミカル社製のＳｉｌｋ
等を用いることができる。
【００８４】
以下、これらの各材料についての処理条件を説明する。
【００８５】
ＸＬＫの場合には、
２３℃前後で冷却処理（ＣＰＬ）し、
ＸＬＫを塗布（ＣＴ１）し、
エージング処理（ＤＡＣ）し、
２００℃前後で低酸素高温加熱処理（ＯＨＰ）し、
４００～４５０前後で焼成処理（ＤＣＣ）する
ことによって形成することができる。
【００８６】
ＩＰＳの場合には、
２３℃前後で冷却処理（ＣＰＬ）し、
ＩＰＳを塗布（ＣＴ１）し、
１５０℃前後で低温加熱処理（ＬＨＰ）し、
２５０℃前後で低酸素高温加熱処理（ＯＨＰ）し、
更に３５０℃前後で低酸素高温加熱処理（ＯＨＰ）し、
４００～４５０前後で焼成処理（ＤＣＣ）する
ことによって形成することができる。
【００８７】
ＦＬＡＲＥの場合には、
２３℃前後で冷却処理（ＣＰＬ）し、
ＦＬＡＲＥを塗布（ＣＴ２）し、
１５０℃前後で低温加熱処理（ＬＨＰ）し、
２００℃前後で低酸素高温加熱処理（ＯＨＰ）し、
更に２５０℃前後で低酸素高温加熱処理（ＯＨＰ）し、
４００～４５０前後で焼成処理（ＤＣＣ）する
ことによって形成することができる。
【００８８】
Ｓｉｌｋの場合には、
２３℃前後で冷却処理（ＣＰＬ）し、
Ｓｉｌｋを塗布（ＣＴ２）し、
１５０～２００℃前後で低温加熱処理（ＬＨＰ）し、
２３℃前後で冷却処理（ＣＰＬ）し、
再びＳｉｌｋを塗布（ＣＴ２）し、
３２０℃前後で低酸素高温加熱処理（ＯＨＰ）し、
４００～４５０前後で焼成処理（ＤＣＣ）する
ことによって形成することができる。
【００８９】

本発明は、上述した実施の形態に限定されず、種々変形可能である。例えば、処理する基板は半導体ウエハに限らず、ＬＣＤ基板等の他のものであってもよい。

【００９０】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、低誘電率特性が良好で第１の絶縁膜と第２の絶縁膜との密着性がよく、しかも第１の絶縁膜と第２の絶縁膜の形成を同一の装置内で行うことができ、更に第２の絶縁膜の材料の選択範囲を広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施の形態に係るＳＯＤ処理システムの平面図である。

【図２】図１に示したＳＯＤ処理システムの正面図である。

【図３】図１に示したＳＯＤ処理システムの背面図である。

【図４】図１に示したＳＯＤ処理システムにおける主ウエハ搬送機構の斜視図である。

【図５】本発明の実施の形態に係る第１～第３の塗布処理ステーションの全体構成を示す断面図である。

【図６】図５に示した第１～第３の塗布処理ステーションの平面図である。

【図７】本発明の実施の形態に係る冷却処理ステーションの断面図である。

【図８】図７に示した冷却処理ステーションの平面図である。

【図９】本発明の実施の形態に係るエージング処理ステーションの断面図である。

【図１０】本発明の実施の形態に係る低温加熱処理ステーションの断面図である。

【図１１】本発明の実施の形態に係る低酸素高温加熱処理ステーションの断面図である。

【図１２】本発明の実施の形態に係る低酸素キュア・冷却処理ステーションの平面図である。

【図１３】図１２に示した低酸素キュア・冷却処理ステーションの断面図である。

【図１４】本発明のプロセスにより形成される層間絶縁膜の構成を示す図である。

【図１５】図１に示したＳＯＤ処理システムにおける処理の流れを示す図である。

【図１６】本発明の効果を確認するために行った実験の結果（その１）を示している。

【図１７】本発明の効果を確認するために行った実験の結果（その２）を示している。

【図１８】本発明の効果を確認するために行った実験の結果（その３）を示している。

【符号の説明】

２２　　主ウエハ搬送機構

Ｗ　　ウエハ

ＣＰＬ　　冷却処理ステーション

ＣＴ１　　第１の塗布処理ステーション

ＣＴ２　　第２の塗布処理ステーション

ＣＴ３　　第３の塗布処理ステーション

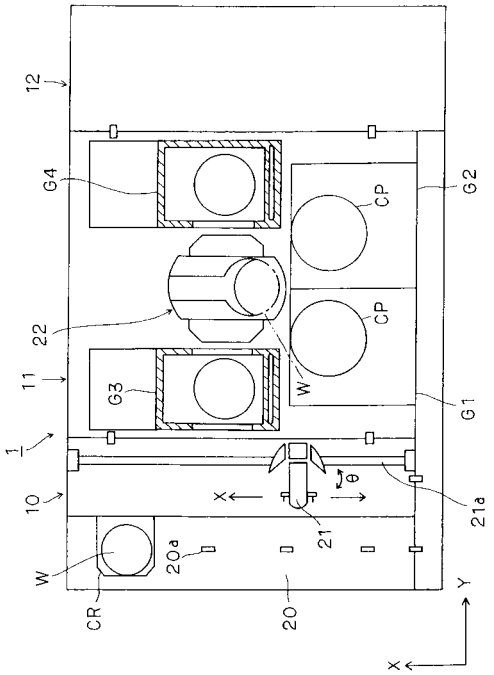
ＤＡＣ　　エージング処理ステーション

ＬＨＰ　　低温加熱処理ステーション

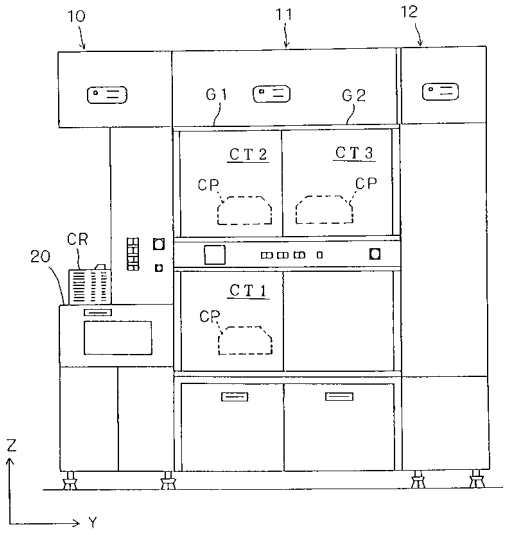
ＯＨＰ　　低酸素高温加熱処理ステーション

ＤＣＣ　　低酸素キュア・冷却処理ステーション

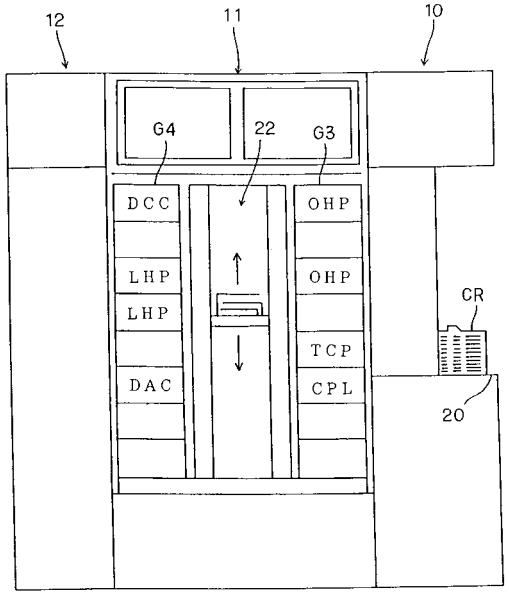
【図１】


12
G4
CP
G2
CP
22
11
G3
W
G1
1
10
θ
X
21a
21
W
20a
CR
20
Y
X

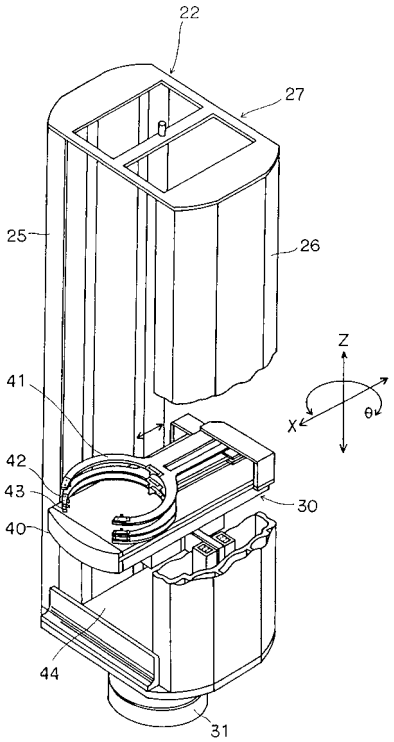
【図２】


10
11
12
G1
G2
CT2
CT3
CP
CP
CR
20
CT1
CP
Z
Y

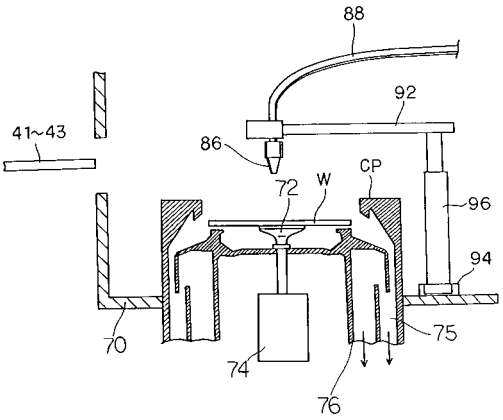
【図３】


12
11
10
G4
22
G3
DCC
OHP
LHP
OHP
LHP
TCP
DAC
CPL
CR
20

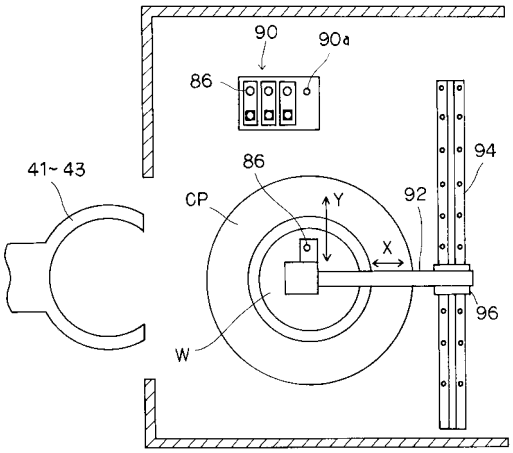
【図４】


22
27
25
26
Z
41
X
θ
42
43
30
40
44
31

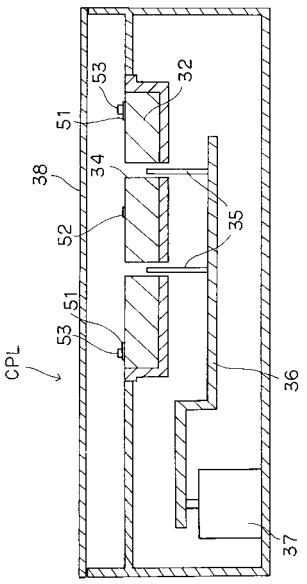
【図５】


88
92
41~43
86
72
W
CP
96
94
70
74
75
76

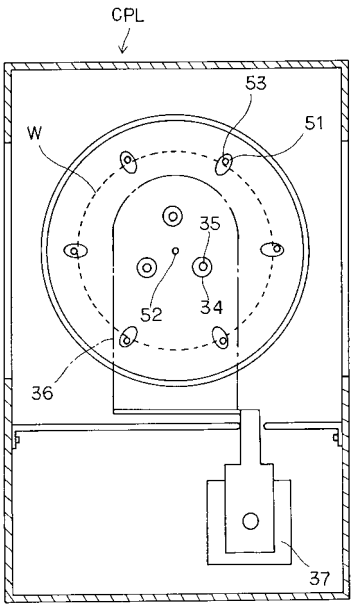
【図６】


90
90a
86
94
41~43
86
CP
Y
92
X
96
W

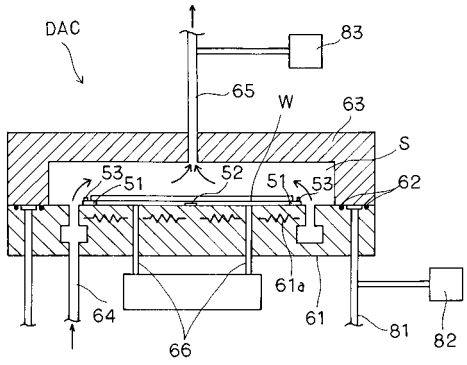
【図７】


53
32
51
38
34
52
35
51
53
CPL
36
37

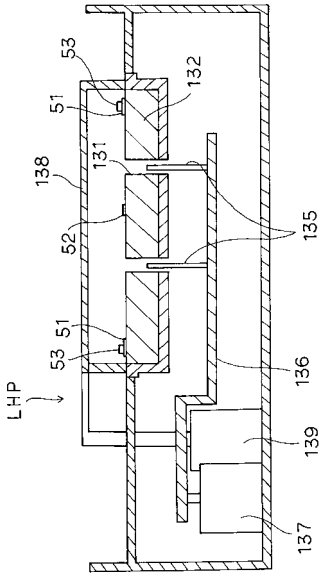
【図８】


CPL
53
W
51
35
52
34
36
37

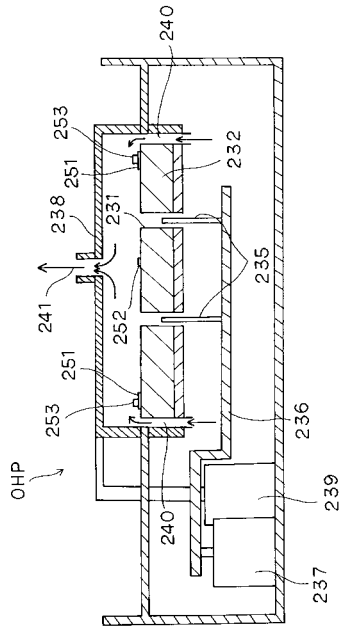
【図９】



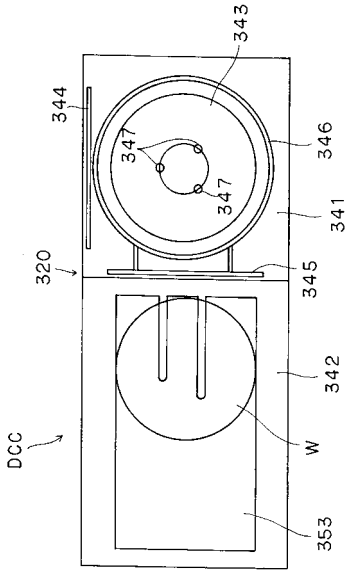
【図１０】



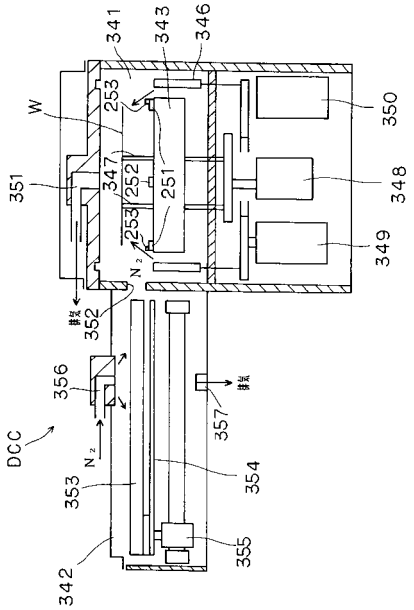
【図１１】



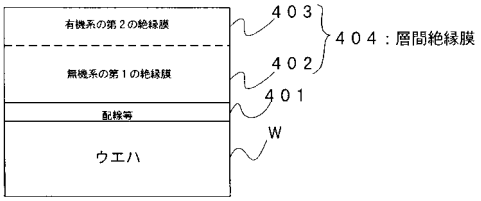
【図１２】



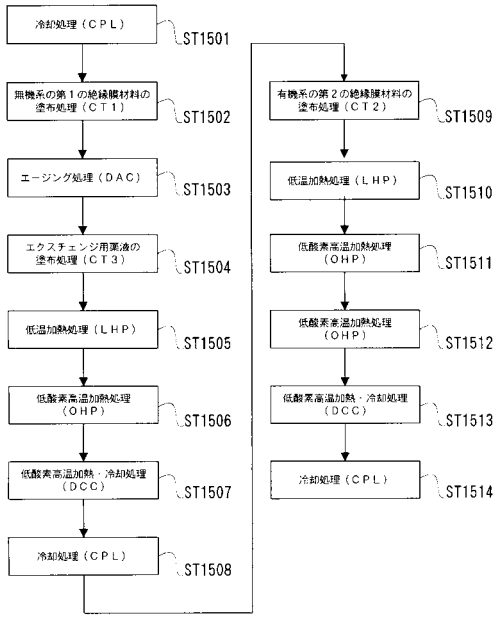
【図１３】



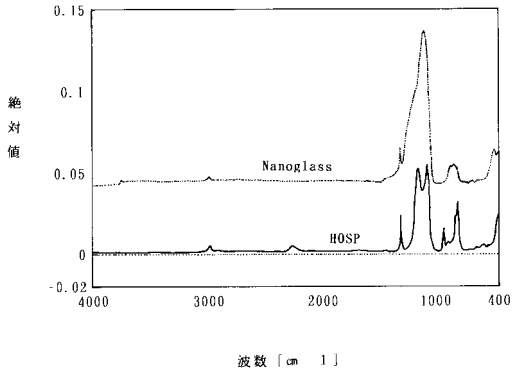
【図１４】



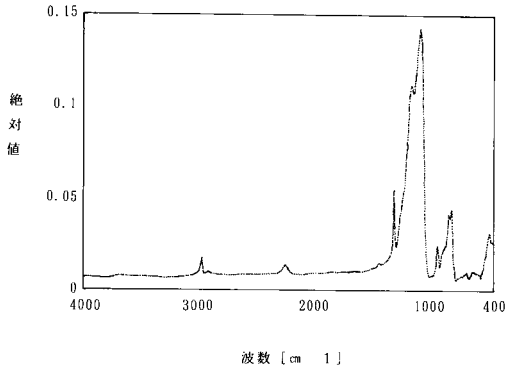
【図１５】



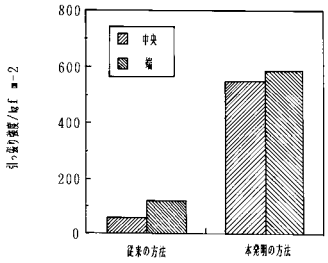
【図１６】



【図１７】


0.15
0.1
0.05
0
絶対値
4000
3000
2000
1000
400
波数［cm　1］

【図１８】


800
600
400
200
0
中央
端
引っ張り強度/kgf cm-2
従来の方法
本発明の方法

フロントページの続き

(72)発明者　小島　茂義
熊本県菊池郡菊陽町津久礼２６５５番地　東京エレクトロン九州株式会社　熊本事業所内

合議体
審判長　城所　宏
審判官　日比野　隆治
審判官　市川　裕司

(56)参考文献　特開平６－２９２８２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３６７６９（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２５１３１０（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１４５２８４（ＪＰ，Ａ）
特開平９－８０２５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２２１８９（ＪＰ，Ａ）