

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4801584号
(P4801584)

(45) 発行日 平成23年10月26日(2011.10.26)

(24) 登録日 平成23年8月12日(2011.8.12)

(51) Int. Cl.	F I
B05D 3/00 (2006.01)	B05D 3/00 C
B05C 11/02 (2006.01)	B05C 11/02
B05C 9/12 (2006.01)	B05C 9/12

請求項の数 29 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-518975 (P2006-518975)	(73) 特許権者	500499508
(86) (22) 出願日	平成16年7月9日(2004.7.9)		ブルーワー サイエンス アイ エヌ シー.
(65) 公表番号	特表2007-524505 (P2007-524505A)		アメリカ合衆国 ミズーリ州 65401
(43) 公表日	平成19年8月30日(2007.8.30)		ローラ ブルーワー ドライブ 240
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/022445		1
(87) 国際公開番号	W02005/008734	(74) 代理人	100080159
(87) 国際公開日	平成17年1月27日(2005.1.27)		弁理士 渡辺 望稔
審査請求日	平成19年6月12日(2007.6.12)	(74) 代理人	100090217
(31) 優先権主張番号	60/486,021		弁理士 三和 晴子
(32) 優先日	平成15年7月10日(2003.7.10)	(72) 発明者	マッカチャン ジェレミー ダブリュー.
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 ミズーリ州 65401
(31) 優先権主張番号	10/887,529		ローラ カントリー ロード 8360
(32) 優先日	平成16年7月8日(2004.7.8)		16995
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トポグラフィカル表面を平坦化するための自動処理方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板に塗布され、中央領域および周りの周辺領域の表面部を呈する表面を持つ硬化性塗膜を平坦化する方法であって、

薄い、柔軟性のあるシート素材を前記表面に近接しながら隙間を空けた関係で位置させるステップと、

前記シートを横切って気圧差をつくり出すことによって、前記シートが前記表面部の中央領域では接触させるが前記周辺領域では離れさせるように前記シートをたわませるステップと、

前記シートが実質的に前記表面部の全面に亘って直接の平坦化接触の状態になるまで、前記基板と前記シートとの間の相対的な動きをもたらずステップと、

前記平坦化接触を保ちながら前記表面塗膜を硬化させるステップと、

前記硬化ステップの後、前記シートと前記基板とを分離させるステップとを含むことを特徴とする平坦化方法。

【請求項 2】

前記シートを横切る前記気圧差は、前記シートと前記塗膜と間に作られた前記隙間と連通する第2のチャンバと、前記シートによって区切られ前記シートに対して前記第2のチャンバとは反対側に形成される第1のチャンバとにおいて、前記第2のチャンバの気圧を前記第1のチャンバの気圧より小さくすることによって作られることを特徴とする請求項1に記載の平坦化方法。

【請求項 3】

前記シートが、平坦化シートである請求項 1 または 2 に記載の平坦化方法。

【請求項 4】

前記シートが、テフロンで形成されている請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の平坦化方法

【請求項 5】

さらに、前記シートの外縁をつかむステップと、前記塗膜から離れた側の、前記シートの面に対してより大きな圧力が存在するように前記気圧差をつくり出すステップとを含む請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 6】

さらに、前記シートの反対側の面に真空状態をつくり出すステップを含み、その真空レベルが、前記塗膜に隣接する側の、前記シートの面に対してより大きい請求項 5 に記載の平坦化方法。

【請求項 7】

前記動きをもたらずステップが、前記平坦化接触を達成するために前記基板を前記シートに向かって移動するステップを含む請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 8】

さらに、前記塗膜から離れた側の、前記基板の面に隣接する弾力性のあるプラテンを供給するステップと、前記プラテンを前記基板に接触するように移動するステップと、を含む請求項 7 に記載の平坦化方法。

【請求項 9】

さらに、前記平坦化接触を達成するために前記基板および前記塗膜を前記シートに対して押し付けるステップを含む請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 10】

さらに、前記基板ならびに前記塗膜を前記シートに対して $6.90 \times 10^3 \text{ Pa}$ から $6.21 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1 から 90 psi) のレベルで押し付けるステップを含む請求項 9 に記載の平坦化方法。

【請求項 11】

前記硬化ステップが、前記塗膜に UV 照射を施すステップを含む請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 12】

前記シートが、実質的に UV 光を通し、前記硬化ステップが、前記シートを通して UV 照射を当てるステップを含む請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 13】

前記硬化ステップは、前記表面塗膜を熱硬化するステップを含む請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 14】

前記熱硬化するステップは、赤外線加熱光によって達成される請求項 13 に記載の平坦化方法。

【請求項 15】

前記分離させるステップが、前記シートが前記塗膜から少なくとも部分的に引き離されるまで前記シートから離れるように先ず前記基板を移動させるステップと、その後、前記シートを前記塗膜から完全に引き離すのに有効な気圧差を、前記シートを横切つてつくり出すステップを含む請求項 1 ~ 14 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 16】

さらに、前記塗膜から離れた側の、前記シートの面に隣接して光学的平坦面体を供給するステップを含む請求項 1 ~ 15 のいずれかに記載の平坦化方法。

【請求項 17】

基板に塗布され、中央領域および周りの周辺領域の表面部を呈する表面を持つ硬化性塗膜を平坦化する装置であって、

10

20

30

40

50

薄い、柔軟性のあるシート素材を支持し、かつ保持するように動作可能なサポートと、前記シートに近接する前記塗膜のある前記基板を支持し、かつ保持するように動作可能なサポートアセンブリと、

前記シートを横切って十分な大きさの気圧差をつくり出し、前記シートが前記表面部の中央領域では接触するが前記周辺領域では離れているように前記シートをたわませるように動作可能な差圧アセンブリと、

前記塗膜を硬化する機器と、を含み、

前記サポートアセンブリは、前記基板を、実質的に前記表面部の全面に亘って前記シートとの直接の平坦化接触の状態に動かすように移動可能であり、

前記機器は、前記平坦化接触の間に前記塗膜を硬化することを特徴とする平坦化装置。

10

【請求項 18】

前記サポートが、前記シートの縁を連動して締め付け保持するように機能する一对の環状の締め付けリングを含む請求項 17 に記載の平坦化装置。

【請求項 19】

前記サポートアセンブリが、前記基板の面の、前記塗膜とは離れた側の周辺と係合する寸法にされたリング状本体と、該本体を前記シートに近づけたり前記シートから遠ざけたり選択的に移動させるために前記本体と作動的に連結されるピストンおよびシリンダーアセンブリと、を含む請求項 17 または 18 に記載の平坦化装置。

【請求項 20】

前記サポートアセンブリが、さらに、前記塗膜を前記シートとの前記平坦化接触の状態に押し付けるように動作可能である移動可能な圧迫部材を含む請求項 19 に記載の平坦化装置。

20

【請求項 21】

前記圧迫部材が、真空チャックを含み、前記真空チャックは、真空源と作動的に連結される請求項 20 に記載の平坦化装置。

【請求項 22】

前記差圧アセンブリが、前記塗膜とは離れた側の、前記シートの面と接触する空間と連通する第 1 のチャンバ、および前記塗膜に隣接する側の、前記シートの面と接触する空間と連通する第 2 のチャンバを規定する壁構造を含む請求項 17 ~ 21 のいずれかに記載の平坦化装置。

30

【請求項 23】

さらに、前記第 1 チャンバの内部を真空状態にするために前記第 1 チャンバと連通する真空ポートを規定する構造物を含む請求項 22 に記載の平坦化装置。

【請求項 24】

さらに、前記第 2 チャンバの内部を選択的に真空引きもしくは陽圧にするために前記第 2 チャンバと連通するポートを規定する構造物を含む請求項 22 または 23 に記載の平坦化装置。

【請求項 25】

前記サポートアセンブリが、また、前記塗膜の前記硬化の後、前記シートとの接触の状態から外れるまで前記基板を動かすように移動可能である請求項 17 ~ 24 のいずれかに記載の平坦化装置。

40

【請求項 26】

さらに、前記シートの、前記基板とは離れた側の面に隣接して位置する光学的平坦面体を含み、前記塗膜と前記シートとが平坦化接触している間は前記シートが前記光学的平坦面体と係合可能である請求項 17 ~ 25 のいずれかに記載の平坦化装置。

【請求項 27】

前記光学的平坦面体が、これを通して UV 照射を透過させるように動作可能である請求項 26 に記載の平坦化装置。

【請求項 28】

さらに、前記塗膜とは離れた側の前記基板の面に隣接する弾力性のあるプラテンを含み

50

、前記プラテンが前記サポートアセンブリと共に移動可能である請求項 17 ~ 27 のいずれかに記載の平坦化装置。

【請求項 29】

基板に塗布され、中央領域および周りの周辺領域の表面部を呈する表面を持つ硬化性塗膜を平坦化する装置であって、

薄い、柔軟性のあるシート素材を前記表面に対し近接しながら隙間を空けた関係で位置決めする手段と、

前記シートを横切って気圧差をつくり出すことによって、前記シートが前記表面部の中央領域では接触するが前記周辺領域では離れているように前記シートをたわませる手段と

、
前記シートが実質的に前記表面部の全面に亘って直接の平坦化接触の状態になるまで、前記基板と前記シートとの間に相対的な動きをもたらす手段と、

前記平坦化接触を保ちながら前記表面塗膜を硬化する手段と、を含むことを特徴とする平坦化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

< 関連出願の相互参照 >

本出願は、2003年7月10日出願の仮特許出願書第S/N60/486021号による優先権の利益を主張する。この仮特許出願書は本願に引用して本明細書とする。

本発明は米国標準技術局 (National Institute of Standard and Technology: NIST) に裁定された ATP # 70NANB1H3019 の許で米国政府支援により行われた。政府は本発明の所定の権利を保有する。

【背景技術】

【0002】

< 技術分野 >

本発明は広く高度な集積回路や他のデバイスの製造過程で開発された表面の接触式平坦化に係わる改良された方法と装置に関する。より詳しくは、本発明は塗膜された基板を光学的に平坦な柔軟性シートに隣接して置き、後者を先ずたわませて塗膜の中央領域に接触させ、それからシートと基板との間で全面加圧平坦化接触がなされ、この加圧平坦化接触の間に塗膜は硬化されるという方法ならびに装置に関する。硬化後のシートと基板の分離は、シートと基板間に気圧差を設け、これにより端部から中央へ円滑に分離することを含むことが好ましい。

【0003】

高度な集積回路 (IC) の設計はより高性能で、より小さく、より少ないエネルギーで動作可能な半導体デバイスを生産するためにますます複雑化するデバイス層状化技術に大きく依存している。このような品質を可能にするため、適切なシーケンスで半導体基板に多層の相互配線や絶縁体を構築してずっと細かな構造を持つより多くの回路をマイクロチップ内に集積しなくてはならない。ICを構築するためには、超精細な構造を半導体表面にパターン化しなくてはならない。最近ではこれら超精細な構造をパターン化するために用いられる技術の主流はフォトリソグラフィ (写真平版) である。この技術は表面に物質を堆積および除去する技術を要してこのような超精細な構造を構築する。

【0004】

フォトリソグラフィはフォトレジストとして知られる感光性材料を半導体基板表面に堆積することを必要とする。半導体表面に設けられる構築物の所定のイメージを持つフォトマスクもしくはレチクルとして知られる光透過性物体がフォトレジストを塗った基板上に重ねられる。適切な波長の光を光学物体を介して照射する。フォトレジストの性質および方法により光はフォトレジストの暴露部分を分解もしくは硬化する。それから半導体表面は現像され基板表面にパターン化イメージを現出しデバイスは次の処理を受ける準備ができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

塗膜する面が完全に平らなら材料は均一な厚みで塗ることができる。しかしながら、もし表面が平らでない、つまりトポグラフ（凹凸）状の特徴を持つ場合は、材料は均一の厚みでは塗工されない可能性があり、そのためデバイスの最終歩留まりや特性に大きく影響することがある。トポグラフ状の表面上に堆積した塗膜は下面のトポグラフ状の形に沿う傾向があり、このようにして平らでない表面が形成される。

【 0 0 0 6 】

一つの層を別の層の上に作ることでICの多層構造体を作り上げられる。構造体の最初の層は全体に平坦な半導体表面に形成される。結果的に半導体デバイス表面にトポグラフ状の表面が導入される。2層目はトポグラフ状の第1構造体層の表面上に形成される。より多くの層が基板上に形成されるにしたがい、表面のトポグラフ状の激しさは増大する。平坦でない表面はもはや次の構造体層を構築するのに適さない。したがってトポグラフ状の表面は次の層を構築する前に平坦化もしくは平らにされなくてはならない。トポグラフ状の表面を平坦化するためには、プラズマエッチバック、化学的機械的研磨（CMP）、ならびに接触平坦化などの技法を用いることができる。

10

【 0 0 0 7 】

プラズマエッチバック技法は厚いフィルムの除去を伴い、下にあるトポグラフ状の表面をある程度平らにする。フィルムの厚みが増すにつれ表面の平坦性は改善される。しかしながら、より厚いフィルムをエッチングするにはより長いプラズマエッチ時間を要する。堆積したフィルムは特定のエッチパラメータの下で下層のトポグラフ状の層の材料と同等のプラズマエッチ速度を持つことが求められる。次いで、厚いフィルムはプラズマエッチ装置で下のトポグラフ状の層までエッチングされ表面の平坦性が改善される。この平坦化技術は以前から使われ、当業者には周知のことである。

20

【 0 0 0 8 】

CMP技法はスラリー溶液を用い、基板材料とスラリー溶液間で起こる化学反応の支援を得て機械的に表面をパッドに接触させて研磨する。研磨粒子ならびに特定の化学物を含むスラリー溶液をパッドの表面に供給する。トポグラフ状の基板表面をパッドに押しつける。それから基板はパッドに接触し回転運動により研磨され表面のトポグラフ状を除去される。CMPは現在IC加工に用いられている。平坦化を必要とする特定材料の具体的な必要条件および処理条件は当業者には周知のことである。

30

【 0 0 0 9 】

接触平坦化は、理論上は、プラズマエッチバックならびにCMP技法とは別の方法を提供してトポグラフ状の表面を平坦化する。トポグラフ状の表面に先ず流動性のある平坦化素材を堆積する。次いで表面は光学的平坦面に押しつけられ、これによりある条件下で素材がトポグラフ状の構造体の周囲に流れることになる。素材はそれから光照射または熱により硬化され、光学的平坦面を平坦化された素材の表面に複製する。平坦化された素材表面は光学的平坦面体の表面から解放される。分離を促進するために光学的平坦面体の表面を公知の技術で処理して表面エネルギー下げることでもできる。これは薄いフィルムやフッ素重合体もしくはフッ素化合物の様な低表面エネルギー素材を光学的平坦面体の表面上に堆積することで達成できる。別に、同程度の表面平坦性を持つ低表面エネルギー素材の、例えば円盤やフィルムを平坦化素材と光学的平坦面体の表面の間に置く方法がある。低表面エネルギー材料の例としては、テフロンTM素材、フッ素樹脂、もしくは類似物がある。平坦化した素材の表面は次いで下側のトポグラフ状の層までプラズマエッチングされる。光学的平坦面の平坦性が下側のトポグラフ状の層に移される。トポグラフ状の表面はこれで平坦化される。平坦化素材の一つの要件として、下側にあるトポグラフ状の層の材料に対し、プラズマエッチ比1を有することが必要である。プラズマエッチパラメーターが1:1のエッチ速度比に達する必要があることは当業者には周知のことである。

40

【 0 0 1 0 】

Pr y b y l a、他による米国特許第6048799号は、熱もしくは紫外線（UV）照射で固化できる素材と接触する光学的平坦面を使用してトポグラフ状の表面を平坦化す

50

ることを記載している。P r y b y l aの特許は技術を実行に還元するための詳細は提供していない。ことに、塗膜したウェーハを光学的平坦面から分離することおよび全自動接触平坦化を行うために必要な工程パラメーターの最適範囲に関しては論じていない。

【0011】

B l a l o c k、他(米国特許第6062133号)は硬化性平坦化素材を用いてウェーハの変形しやすい層の表面を広範囲に平坦化するための方法と装置を記載している。基板の表面に変形しやすい素材を堆積する。次いでこの基板を変形可能な素材塗布表面を光学的平坦面体の表面に向けて装置内に置き、所定の押しつけ力で所定時間押しつける。それから変形可能な素材は光学的平坦面体の表面に接触したまま硬化される。光学的平坦面体の表面の平坦性が塗膜した基板表面に複製される。P r y b y l a、他による特許と同様に、この方法と装置は塗膜したウェーハを光学的平坦面から分離することおよび全自動接触平坦化を行うために必要な工程パラメーターの最適範囲に関しては取り上げていない。

10

【0012】

米国特許第6331488B1において、D o a n、他は半導体基板のための平坦化方法を記載している。この方法は光学的平坦面を用いて変形可能な素材を塗布した非平坦な絶縁素材塗布済み基板の表面に押しつけている。変形可能な素材は光学的平坦面に接触したまま硬化される。光学的平坦面の平坦性が平坦化された変形可能な素材の表面に複製される。平坦化された表面は次いでCMP工程を経て平坦化した表面の平坦性を下の絶縁層に移転される。この特許も塗膜したウェーハを光学的平坦面から分離する方法および接触平坦化を全自動で行うための工程パラメーターの最適範囲を含むことに成功していない。

20

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は上に概説した諸問題を克服し、各種の塗膜基板を速やかかつ効率的に平坦化でき、同時に極めて高い平坦化率を達成する、改良された接触平坦化装置およびこれに伴う方法を提供する。大まかに言って、本発明による装置は薄い柔軟性のあるシート素材(光学的に平坦な素材でテフロン、フッ素樹脂類、もしくはシリコン類から加工されていることが好ましい)と接触し保持する動作が可能なサポートと共に、塗膜した基板をシートに近接して支持および保持する動作が可能なアセンブリを含む。差圧アセンブリも備え、シートをたわませてシートが塗膜表面の中央領域では接触しながら、その周辺部からは離れているようにシートを横切って十分な大きさの差圧を発生できる。サポートアセンブリはさらに移動することが可能で、基板を動かして実質的に塗膜面の表面全面に亘りシートと直接平坦化接触させることができる。最後に、装置はそのような全平坦化接触過程の間に塗膜を硬化させる機器も含んでいる。

30

【0014】

方法態様において、本発明は先ず薄い柔軟性のあるシート素材を基板上の平坦化可能な塗膜に近接して隙間を空けた関係で位置させ、それからシートをたわませてシートが塗膜表面の中央領域では接しているがその周辺部では離れている様にする。次に、基板とシートとの間に、後者が塗膜の表面域の全面に亘って直接平坦化接触するまで相対的な動きをもたらす。この状態で通常はUV照射や熱を用いて塗膜を硬化する。硬化した塗膜と柔軟性シートを分離するとき、後者を横切って気圧差を発生させ、始めにシートを硬化した塗膜の周辺部から分離し、次いでその全体分離を行うことが好ましい。

40

【0015】

一つの実施形態においては平坦化表面を持つ頑丈な平坦化体を備え、これが柔軟性を持つシートと組み合わされている。支援の頑丈な平坦化体を必要としないで柔軟性のある平坦化シートを巧みに操作するために適切なレベルの空気圧および真空が交互に用いられる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【 0 0 1 6 】

< 図 1 ~ 1 4 による実施形態 >

今度は図面に転じて、図 1 は本発明に基づく好ましい平坦化装置 2 0 を図解している。装置 2 0 は大まかにサポートフレーム 2 2、およびその上の平坦化アセンブリ 2 4 を含む。平坦化アセンブリ 2 4 は下部の真空チャンバー 2 6 と共に上部の平坦化ユニット 2 8 および UV 光硬化アセンブリ 3 0 を含む。装置 2 0 全体は、例えばマイクロ電子、オプトエレクトロニクス、フォトニクス、オブティカル、フラットパネルディスプレイ、マイクロマシン技術 (MEMS)、バイオチップスおよびセンサー用のデバイスなどの個々の基板に塗られた平坦化塗膜に効率よく接触するように設計されている。

【 0 0 1 7 】

より詳細には、サポートフレーム 2 2 は 4 本の直立した丈夫な支持脚 3 4 を固定したベース 3 2 を含む。ベースプレート 3 6 は脚 3 4 の上端に固定され、一对の対向する円筒型ガイド 3 8 および横に離れたさらなる一对の前面にある円筒型ガイド 4 0 を持つ。またベースプレート 3 6 にはカップラー 4 4 を介して通常のリボットアームアセンブリ 4 2 が固定されている。アセンブリ 4 2 は回転するように搭載された腕状アセンブリ 4 6 を持ちその先端は一对の対向するアーチ状支持部材 4 8 になっている。ベースプレート 3 6 はまたピストンとシリンダーが重なったアセンブリ 5 0、1 3 4 を支えている。最後に、2 連のピストンとシリンダーアセンブリ 5 2 がベースプレート 3 6 の下側にそれぞれのピストン棒 5 4 が前面ガイド 4 0 を通して上方に伸びているがその目的は後述する。

【 0 0 1 8 】

真空チャンバー 2 6 は環状で直立した外室壁 5 6 を含み、その下面 5 8 がプレート 3 6 の上に置かれた形でそこに周辺のクランプ 3 7 で固定され、円形の O - リング 6 0 (図 5 参照) は壁 5 6 とベースプレート 3 6 間の真空シールを効かせる様に作用する。壁 5 6 はその上端部に隣接してチャンバー 2 6 の内部に連なる横長の通路 6 2 を備える。壁 5 6 の上端部は部分的に階段状となり、シール用 O - リング 6 4 を備えている。チャンバー 2 6 にはまた通路を選択的に覆うように設計された扉 6 6 があり、チャンバー内に真空状態を創り出すことを可能にしたり基板の挿入排出を可能とする。特に、扉 6 6 は空気作動装置 6 8、カップラー 7 0 および側壁 5 6 の形状に合致する弓形の円弧部 7 2 を含む。円弧部 7 2 の内面にはシールを目的とした周辺ガスケット 7 4 (図 5 参照) を備えている。図 1、2 および 5 から最もよく判るように、扉 6 6 は選択的に縦方向の移動動作のためにピストンロッド 5 4 で支えられているため、アセンブリ 5 2 を作動すると扉 6 6 は図 1 の位置から図 2 の位置に移動し、これにより通路 6 2 を封鎖する。扉 6 6 はアセンブリ 5 2 の作動により縦方向に移動し、それからアセンブリ 6 8 の作動により水平方向に移動する。代わりに、アセンブリ 5 2 が扉 6 6 を下げるように作動すると、通路 6 2 は開く (図 1 参照) 。

【 0 0 1 9 】

平坦化ユニット 2 8 は基板 7 8 (図 1 0 参照) の片方の表面上の塗膜 7 6 を接触平坦化するために作動する構成部分を含む。ユニット 2 8 は真空チャンバー 2 6 と連動して機能してこの平坦化を達成する。大まかに言って、平坦化ユニット 2 8 は下面が光学的平坦面 8 4 を呈する UV 透過性光学的平坦ブロックもしくは本体 8 2、さらにはシートサポート 8 8 に支えられた光学的平坦素材の薄い柔軟性のあるシート 8 6 で出来た光学的平坦アセンブリ 8 0、および塗膜 7 6 を行った基板 7 8 をシート 8 6 に近接して支え保持するアセンブリ 8 8 の下側のサポートアセンブリ 9 0 を含む。

【 0 0 2 0 】

より詳細には、本体 8 2 は円形状で上部に半径方向に拡大した部分 9 2 およびこれに連なり終端が光学的平坦面 8 4 となる部分 9 4 を持つ。本体 8 2 はこれを補完する環状上枠 9 6 内に支えられ、これにもネジ付のポート (端子口) 9 8 および密封リング 9 9 が付いている。対向して外側に突き出た一对の耳部 1 0 2 を持つ固定環 1 0 0 は本体 8 2 の上に位置しネジ 1 0 4 により上枠 9 6 に接続され、本体 8 2 を所定位置に固定している。シートサポート 8 8 は対向する一对の上下の締め付けリング 1 0 6、1 0 8 を含み、シート 8

10

20

30

40

50

6を受けて支持する。詳細には(図5参照)、上部リング106は環状の従属リブ110を含み、一方2番目というか下部リング108には対となる溝112がありリブ110を受け入れる。シートサポート88およびシート86は壁56の段の付いた上縁内に置かれ下部リング108は密封O-リング64に接触している。

【0021】

図5を例にとると、チャンバー26はシートサポート88の片面と通じている一方で壁56は、シートサポート88の下面に隣接しこれと通じているチャンバー26の輪郭を示していることが判る。しかしながら、もう一つのチャンバー113が上枠96の内面とO-リング99の下の本体82の間に形成されている。ポート98は表示の通りこのチャンバー113と通じている。

10

【0022】

チャンバー26内のサポートアセンブリ90は弓形の、通常はC形をした環状体114を含み、これは基板76を支えられる寸法になっている。環状体114はそれぞれ環状体114の下側に連結したロッド118を持つ2つの空気圧ピストンとシリンダーアセンブリ116の媒介により選択的に動かすことが出来る。図5に図解されているように、それぞれのアセンブリ116はベースプレート36の上面に固定されている。

【0023】

さらに、アセンブリ90は上部が円形の真空面122および面122と通じる中央の空洞の真空化用ネジ124を含む円形の真空チャック(つかみ具)120を含む。チャック120はネジ124の下端を受けるくりぬいたブロック126で支えられる。ブロック126は継ぎ手130に達するL形の真空路128を含む。柔軟性のある油圧ホース132は継ぎ手130に固定され真空源(非表示)に接続するために図示の通りベースプレート36を貫通している。ブロック126およびチャック120はチャンバー26内でピストンとシリンダーアセンブリ134により縦方向に可動で、動作可能なようにブロック126の下端にカップラー127により固定されている。ブロック126およびチャック120の往復動はベースプレート36に固定された、離れて直立した一対のロッド136で案内される。図4で最もよく示されるように、ブロック126はスライドブッシング140を装備した横方向の張り出し部分138によりブロック126が滑らかに上下の往復運動をすることを確実にしている。

20

【0024】

本発明の実施における好ましいものとして、チャック120の表面122に重なるように合わせた円形で弾力性のあるプラテン142を利用するものがある。プラテン142は上部の弾力性のあるパッド148と共に周囲に従属的な縁146が付いた最下部の板144を含む。図5で最もよく判るように、プラテン142はチャック120の表面122にぴったり合うような寸法になっている。

30

【0025】

ネジを切ったポート150がベースプレート36を貫通して設けられている。目的は後で述べるが、真空ポンプ(非表示)が動作可能なにポート150およびホース132に接続されている。さらに、別の空気用ホース(非表示)が上枠96に設けられたポート98に接続され真空引きと陽圧空気の送り込みを交互にできる。

40

【0026】

装置20の開放を可能にするため、上部平坦化ユニット28、UV光搭載アセンブリ30、およびこれら支える構造物は選択的に縦方向に動かすことができ、これによりシートサポート88の交換が可能となる。この目的のため、固定具100の耳102に留め具154に連結された一対の細長い縦方向に伸びたロッド152が備えられ、ロッド152は下方にそれぞれのガイド38を通過してピストンとシリンダーアセンブリ50の下まで延びる。横桁156はロッド152の間に延びその下端で相互に連結する。アセンブリ50の一部をなすピストンロッド158は横桁156に固定されている。アセンブリ50は固定具100を選択的に上げたり下げたり作動することができる。装置20の開および閉位置はそれぞれ図1および2に示されている。

50

【0027】

光硬化アセンブリ30は固定具100の上に位置し、ネジ162で固定具100に固定されたスペーサーリング160を含む。最後に、UV光源箱164がスペーサー160に接続される。光源箱164は後述するようにUV光を光学的平坦面体82およびシート86を通して下方に向けて選択的に動作可能なUV光源を持つ。

【0028】

装置20全体はまた平坦化動作を監視、制御するための通常の制御回路を備えている。このような制御回路には真空センサー、圧力センサーおよびベースプレート36のネジ付ポート166(図5参照)に固定されたガス供給(非表示)、種々の他の位置および状態センサー、およびプログラマブルなマイクロプロセッサ制御装置が含まれる。

10

【0029】

<動作>

これから装置20の平坦化動作について説明する。まず、装置は図1の位置、すなわちアセンブリ50が装置20を開く様に作動して上枠96およびこれに支持される構造物はチャンバー26の上に間隔を開けているものとする。また、サポート114およびチャック120は下がった位置にある。装置20がこのような配置において、柔軟性シート86を保持したシートサポートアセンブリ88はチャンバー壁56の上端に位置しリング108はシール64に接触している。それからアセンブリ50を作動し上枠96を下げて、シール97を保持するその下端が上部リングサポート106と直接接触させる。次に、塗膜76を施した新しい基板78を塗膜76が上を向くようにC形環状体114の上に置く。それからプラテン142を持ったサポート部分48が通路62を通過してチャンバー26に入る様にアームアセンブリ42を作動させてアーム46を回転させる。このようにしてプラテンは真空チャック120の表面122上に置かれる。

20

【0030】

次に扉66はそれぞれピストンおよびシリンダーのアセンブリ52のロッド54を伸ばす動作および空気作動アセンブリ68の動作によりガスケット74が通路62周りの壁構造を囲みそして密封するようになるまで閉じられ、このようにして密閉チャンバー26が構築される。それからプラテン142をチャック120上の所定の位置に保持するためにホース132で真空引きされる(通常は約 $9.13 \times 10^4 \text{ Pa}$ から $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ (685から750 torr))。この時点でチャンバー26はポート150、および上枠96のポート98を通してシート86を横切って気圧差をつくり出すのに十分で、シートを基板塗膜76のC領域に向けてたわませ一方でシートがその周辺のP領域では離れた状態を保つのに十分な真空引きが行われる。通常、好ましい装置20の場合、ポート150を通して約 $9.13 \times 10^4 \text{ Pa}$ から $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ (685から750 torr)まで真空引きされ、一方ポート98を通してはより少ない約 $8.47 \times 10^4 \text{ Pa}$ から $9.47 \times 10^4 \text{ Pa}$ (635から710 torr)まで真空引きされる。

30

【0031】

次のステップでは、アセンブリ134を作動させてプラテン142を保持したチャック120を図6および11の位置、すなわち塗膜76がシート86と全面接触し、後者が本体82の表面84と全面接触する平坦化位置まで移動する。適切な平坦化接触をもたらすために、チャック120は約 $6.90 \times 10^3 \text{ Pa}$ から $6.21 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1から90 lb/in²)の圧力を基板78に対して加えるべきである。次に、ポート150から抜かれた真空およびチャンバー26を解除して後者を大気圧に戻し、シート86をたわんだ状態から解放する。

40

【0032】

チャック120が完全な平坦化位置に移行するまでの間に、シート86ならびに表面84および/またはプラテン142の間に同伴されたすべての気泡は除去される。さらに、完全な平坦化位置に向けたシート86の最初のたわみ、これに続くチャック120の動きを伴う逐次的な動きは、著しく平坦化動作を促進すると同時に優れた最終製品を与えることが見いだされている。

50

【 0 0 3 3 】

それから光源アセンブリ 3 0 が作動して上述した平坦化接触の間に塗膜 7 6 を硬化させる。この目的のため選定される UV 光の波長、および点灯状態の持続時間は硬化する塗膜の性質により決定され、これらのパラメータについては当分野技術の技の内である。

【 0 0 3 4 】

いったん塗膜 7 6 が正常に硬化され平坦化されると、装置 2 0 は基板 7 8 および塗膜 7 6 をシート 8 6 から分離し硬化した基板の回収および新しい塗工済み基板の挿入ができる様に動作される。特に、図 7 に描かれている次のステップにおいて、ピストンとシリンダーアセンブリ 1 1 6 はサポート 1 1 4 を基板 1 7 8 と接触するように作動して、プラテン 1 4 2 が外された間これを確保する。次にピストンとシリンダーアセンブリ 1 3 4 を作動しチャック 1 2 0 およびプラテン 1 4 2 を基板 7 8 から後退させ、ホース 1 3 2 を通して引かれていた真空も解除される。それから扉 6 6 が開かれロボットアームアセンブリ 4 2 を用いてプラテン 1 4 2 が取り出される。それから扉 6 6 は通路 6 2 に対してチャンパーを閉じる位置に戻され、装置は図 7 の位置をとる。次に、アセンブリ 1 3 4 が再度作動してチャック 1 2 0 を上昇させその真空面 1 2 2 を基板 7 8 と直接接触させる。この配置は図 8 に示されている。次にピストンとシリンダーアセンブリ 1 1 6 を作動してサポート 1 1 4 を基板 7 8 から離れた下側位置に移動する。この時点でホース 1 3 2 を通して真空に引かれる。陽圧の空気を上枠 9 6 のポート 9 8 を通して導入して、シート 8 6 を横切って適切な気圧差を作り出す。通常、ホース 1 3 2 を通して約 $9.13 \times 10^4 \text{ Pa}$ から $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ (685 から 750 torr) の真空が引かれ、一方約 $3.45 \times 10^3 \text{ Pa}$ から $3.45 \times 10^5 \text{ Pa}$ (0.5 から 50 psi) の陽圧空気がポート 9 8 を通して導入される。図 1 2 で最もよく判るように、この組合せによりシート 8 6 は本体 8 2 の表面 8 4 からはきれいに引き離されるが、同時にシートは基板 7 8 の塗膜 7 6 に貼りついたままの状態を作り出す。

【 0 0 3 5 】

次のステップは図 1 3 に描写され、ここでは周辺領域 P では塗膜 7 8 からシート 8 6 が分離し中央領域 C ではこのような接触を保つ様な気圧差がシート 8 6 を横切って作り出されていることが判る。このことはチャック 1 2 0 をいくらか下方にずらし、一方でホース 1 3 2 を通した真空とともに対応するポート 9 8 を通して送られる陽圧を維持することで達成できる。

【 0 0 3 6 】

最終的な分離ステップはチャック 1 2 0 をさらに本体 8 2 からずらすことにより生じる。ポート 9 8 を通して真空に引くことで確実にシート 8 6 が本体 8 2 の表面 8 4 と全面平坦化接触に戻り、これにより装置 2 0 は再び平坦化工程を始める準備が整う。

【 0 0 3 7 】

< 図 1 5 ~ 1 8 による実施形態 >

装置 2 0 の好ましい形態として、下面に平坦化面 8 4 を持つ頑丈な平坦化体 8 2 の使用を含む。しかしながら、本発明はそれほど制限されてはいない。すなわち、頑丈な平坦化体無しで、陽圧の空気圧と真空だけを用いて同じ進歩した動作の特徴を達成することが出来る。図 1 5 ~ 1 8 においてその装置および方法が略図的な形で示されている。柔軟性のある平坦化シート 8 8 a には隣接する固定サポート 1 1 4 a およびチャック 1 2 0 a が備わっている。図示の通り、チャック 1 2 0 a は平坦化の対象となる塗膜 7 6 a を持つ基板 7 8 a を保持する。

【 0 0 3 8 】

図 1 5 に描写した平坦化動作の第 1 ステップは、気圧差をつくり出して中央領域 C を塗膜 7 6 a および基板 7 8 a の方にたわませる。シート 8 8 a の中央領域 C は最初の実施形態で説明したとおり、塗膜の対応する領域に接触する。この時点で矢印 1 6 8 で示す陽圧の空気がシート 8 8 a の上面に導入され、一方(随意的に)チャック 1 2 0 a を通して真空に引いてもよい。次に、チャック 1 2 0 a は全面平坦化位置に移動され、付加的な陽圧の空気がシート 8 8 a の上面に導入される。これによりシート 8 8 a および塗膜 7 6 a 間

に期待した全面平坦化接触が確かなものとなる。勿論このような接触の間に塗膜 76 a は、通常は UV 照射または熱を用いて硬化される。

【0039】

図 17 は硬化済み塗膜 76 a からシート 88 a を引き離す最初のステップを図解している。このことは、シート 88 a の上側に陽圧の空気を用い、および / またはシート 88 a の下側を真空に引くことによりシート 88 a を横切って気圧差をつくり出すことが必要である。いずれの場合でもシート 88 a の中央領域は塗膜 76 a と中央領域 C で接触したままで、一方塗膜の周辺領域 P ではシートから離れている。最終ステップ (図 18) では、塗膜 76 a から離れた側のシート 88 a の面は負圧で引かれこれにより塗膜 76 a からシート 88 a が完全に分離し、これにより装置は次の平坦化動作の位置になる。

10

【0040】

<実施例 I >

本実施例においては、装置 20 を用いて光硬化素材を持つトレんチウェーハーを平坦化した。特に、基板として約 $1 \mu\text{m}$ のトレんチを持つシリコンウェーハーを用いた。特徴となるウェーハーの密度は約 4 ~ 96 % の範囲におよんだ。光硬化性素材はエポキシ (D . E . R . 354LV , Dow Chemical Co .) 20 g 、プロピレングリコールモノメチルエーテル (PGME , Aldrich Chemical Co .) 80 g 、および Sarcate KI - 85 (Sartomer Chemical) 1.2 g を黄色照明の実験室で完全に混合して整えた。それから材料を $0.2 \mu\text{m}$ のフィルターを用いてろ過し清浄な茶色瓶に保存した。 $0.5 \mu\text{m}$ 未満の厚みの光硬化性平坦化素材をシリコントレんチウェーハー上にスピコートした。

20

【0041】

処理中、閉じられた装置のチャンバーを $2.67 \times 10^3 \text{ Pa}$ (20 torr) 未満で約 30 秒間排気し残留溶媒を除去した。平坦化の間、基板を約 $4.69 \times 10^5 \text{ Pa}$ (68 psi) の力で 300 秒間、テフロン製の光学的平坦面に押しつけた。この間、UV 光を用いて塗膜を硬化した。UV 暴露の後、チャンバーを大気圧まで加圧し、基板を光学的平坦面から離し、そして基板をチャンバーから取り出した。

【0042】

比較のため、別の類似のトレんチウェーハーに同じ材料を同一条件で塗膜した。この参照製品を同様に硬化したが、ただし押し付けステップは用いなかった。比較製品は Tencor Alphastep Profilometer (粗面計) を用いて特性を測定した。本発明に基づく製品の構造物を横断的に測定したところ、表面トポグラフは約 250 であった。参照ウェーハーの表面トポグラフは約 7000 を示した。加圧平坦化ウェーハーの異なる機能密度域内の平坦化フィルムの厚みを走査型電子顕微鏡を用いて測定した。測定した結果、機能密度上のフィルム厚みは最大で約 40 % の機能密度差を示した。トレんチの上ではなく構造物上のフィルム厚みは 2 つの機能密度領域で約 $0.45 \mu\text{m}$ あり、厚み差は約 $0.012 \mu\text{m}$ (120) であった。

30

【0043】

<実施例 II >

この実施例においては熱硬化材料をシリコンウェーハーに用いた。ウェーハーは先ずこれを約 $1 \mu\text{m}$ の 2 酸化ケイ素フィルムで塗膜した。直径で 0.2 から $1 \mu\text{m}$ のピアホールを含み種々の機能密度領域を持つパターンを 2 酸化ケイ素フィルムにパターン化した。ピアホールの深さは約 $1 \mu\text{m}$ であった。熱硬化性素材は実施例 I で示したのと同様にして整えたが、ただし Sarcate 製品の代わりに Nacure™ Super XC - A230 触媒 (King Industries) 1.0 g を用いた。素材をシリコンピアホールウェーハー上に約 $0.2 \mu\text{m}$ になるまでスピコートした。

40

【0044】

塗膜したウェーハーを装置 20 に移し、これを密封後約 $2.67 \times 10^3 \text{ Pa}$ (20 torr) 未満で約 180 秒間真空引きし、残存溶媒を除去した。塗膜した基板を $4.69 \times 10^5 \text{ Pa}$ (68 psi) の力で 60 秒間光学的平坦面に押しつけた。この間に光学的

50

平坦面の表面を通してUV/赤外線パルス光を照射し平坦化素材を硬化した（少なくとも約130の硬化温度で120秒間）。硬化した後、チャンバーを大気圧まで換気し、基板台を下げ、チャンバー扉を開き、特性を測定するために基板を取り出した。

【0045】

平坦化されたピアホールウェーハの表面はTencor Alphastep profilerを用いて特性を測った。測定の結果、平坦化構造物上の隣接する異なる機能密度域を横断した表面トポグラフは100未満、および約300未満であった。異なる機能密度域の構造物上の平坦化フィルムの厚みは走査型電子顕微鏡を用いて測定した。2つの機能密度域で測定した。約0.3μmのピアホールが約0.5μmのピッチである部分の構造物上のフィルム厚みを測定した。また約0.3μmのピアホールが約1.75μmのピッチである部分の構造物上のフィルム厚みも測定した。フィルム厚みはそれぞれ約0.19μmおよび0.21μmであった。

10

【0046】

<実施例III>

この実施例においては、ノボラックエポキシ樹脂（D. E. R.™ 354LV, The Dow Chemical Company）5g、t-ブチルグリシジルエーテル（Aldrich）5g、およびトリアリールスルホニウムヘキサフルオロホスフェート（光酸発生剤）50%溶液（Aldrich）0.6gをから成る光硬化性平坦化素材を配合し完全に混合した。光酸発生剤溶液に用いた溶媒は活性溶媒であった。材料は0.2μmのフィルターでろ過した。

20

【0047】

接着促進剤APX-K1（Brewer Science, Inc.）で製造元が推奨する方法を用いて処理した6インチシリコンピアホールウェーハの表面上に、1.7μm厚みの平坦化素材の層を塗膜した。標準的なエッジビードの除去処理を行い、約5mmのエッジビードを除去した。

【0048】

前の実施例で説明した様に基板を装置20内に置き、 $4.69 \times 10^5 \text{ Pa}$ （68psi）の圧力を用いて30秒間光学的平坦面に押し付けた。この接触の間、光学的平坦面を通して水銀-キセノン灯による連続UV光を10秒間照射して平坦化素材を硬化した。それから圧力を解除して装置からウェーハを取り出した。Dektak8（Veeco Metrology Group）を用いて平坦化された表面の粗さと平坦化度の特性を測定した。元の基板構造で1μm高い部分で大略200のステップ高さが見つかった。平坦化の度合いは約98%を達成し、平坦化した素材にボイドは見つからなかった。

30

【0049】

<実施例IV>

この実施例においては、光学的平坦面体82の代わりに空気圧力を用いて硬化性素材を平坦化した。実施例Iの光硬化性素材およびウェーハを用いた。塗膜した基板を装置20内に置きチャンバーを $2.67 \times 10^3 \text{ Pa}$ （20torr）未満で30秒間排気して残存溶媒を除去した。基板をそれから光学的に平坦なシートに押し付けた。このような接触後、フィルムの反対側に約 $1.38 \times 10^5 \text{ Pa}$ （20psi）の空気圧力を300秒間加えた。このように表面が光学的に平坦なフィルムと接触を保っている間、フィルムを通してUV光を10秒間照射し平坦化素材を硬化した。平坦化の後、チャンバー内の圧力を大気圧まで解除し、基板をフィルムから分離して特性を測るために取り出した。

40

【0050】

同様にして参照ウェーハを整えたが、ただし空気圧力による押し付けステップにはさらさなかった。本発明に基づいてつくったウェーハ表面、および参照表面をTencor Alphastep Profilerを用いて特性を測った。本発明に基づいてつくられた基板では隣接する機能密度域および構造物を横切り、約350の表面トポグラフが測定された。異なる機能密度域の平坦化フィルムの厚みは走査型電子顕微鏡を用いて測定した。機能密度域上のフィルム厚みは、機能密度により最大約40%の差異

50

を示すことが測定された。トレンチの上ではなく、機能密度域に入った構造物の上のフィルム厚みは約 $0.45 \mu\text{m}$ で厚み差は約 $0.014 \mu\text{m}$ (140 \AA) であった。参照ウェーハはトポグラフ構造を横断して約 7000 \AA の表面トポグラフを示した。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明による好ましい平坦化装置の透視図で、プラテンを装置の1次真空化チャンバーに挿入する前の状態の、好ましい平坦化方法で用いる弾力性のあるプラテンを支えている装置のロボットアームと共に図解している；

【図2】図1に類似の図であるが、装置を使用中で弾力性のあるプラテンを1次真空化チャンバーに挿入し、これを閉じた状態を図解している；

【図3】好ましい平坦化装置の動作部品を図解した分解透視図である；

【図4】塗膜された基板が挿入され平坦化工程開始前の平坦化装置の部分立断面図である；

【図5】平坦化装置の構造をさらに図解した、図4の線分5-5に沿った立断面図である；

【図6】図4に類似した部分立断面図であるが、塗膜された基板および光学的平坦面体およびシートの間が平坦化接触している状態の装置を描写している；

【図7】図6に類似した図であるが、塗膜された基板が平坦化された後の装置を描写している。

【図8】図7に類似した図であるが、平坦化された基板塗膜および光学的平坦面体およびシートの間が分離過程にある装置を示している；

【図9】図8に類似した図であるが、平坦化された基板塗膜および光学的平坦面体およびシートの間が完全に分離したときの装置を示している；

【図10】平坦化工程の最初のステップを描写した略図で、ここでは好ましい光学的平坦面シートがたわめられている；

【図11】平坦化工程の次のステップを示す別の略図で、ここでは塗膜された基板と光学的平坦面体およびシートとの間で全体平坦化接触が達成される。

【図12】塗膜された基板および光学的平坦面体およびシートの間での分離過程の最初の段階を示す略図である；

【図13】図12に類似した図であるが、分離過程の次のステップを示している；

【図14】図13に類似した略図で、分離過程の最後のステップを示している；

【図15】図10に類似した略図であるが、光学的平坦面シートを最初にたわませる時に光学的平坦面体が除かれている方法と装置を図解している；

【図16】図15に類似した図であるが、基板塗膜および光学的平坦面シートの間が全面平坦化接触しているときの方法と装置を描写している；

【図17】図16に類似した略図であるが、平坦化基板塗膜および光学的平坦面シートの間での分離手順の最初のステップを示している；

【図18】図17に類似した略図で、分離手順の最終ステップを図解している。

10

20

30

【 図 5 】

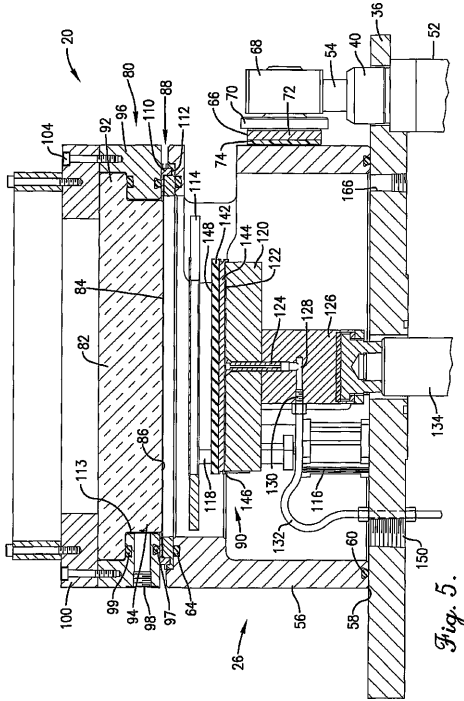


Fig. 5.

【 図 6 】

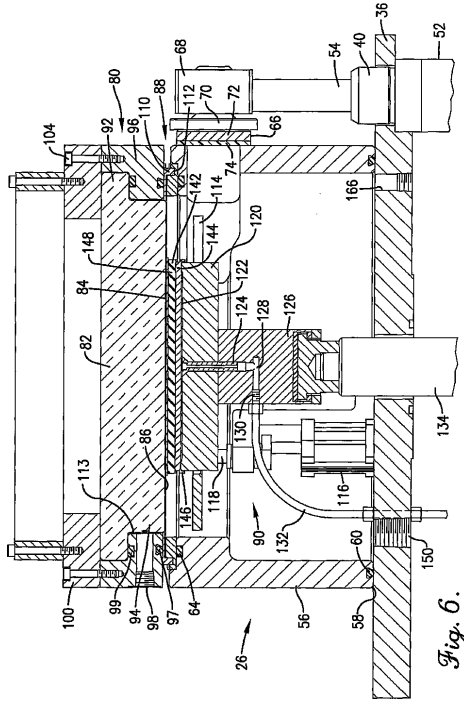


Fig. 6.

【 図 7 】

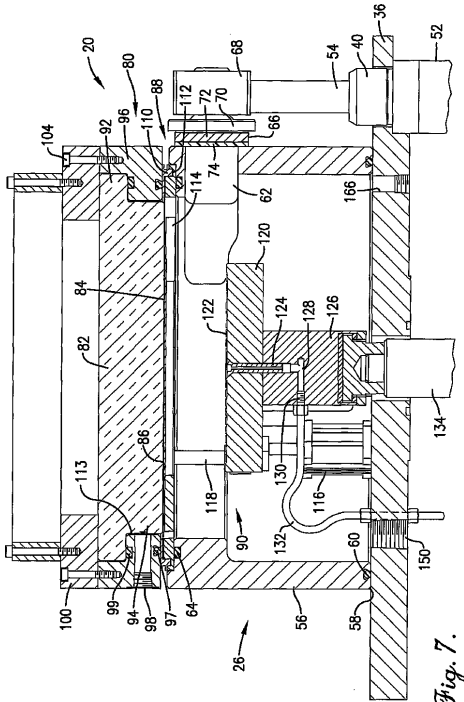


Fig. 7.

【 図 8 】

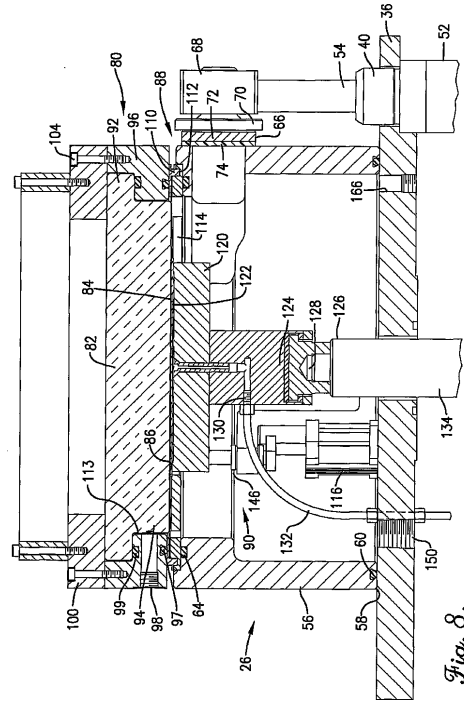


Fig. 8.

【 図 9 】

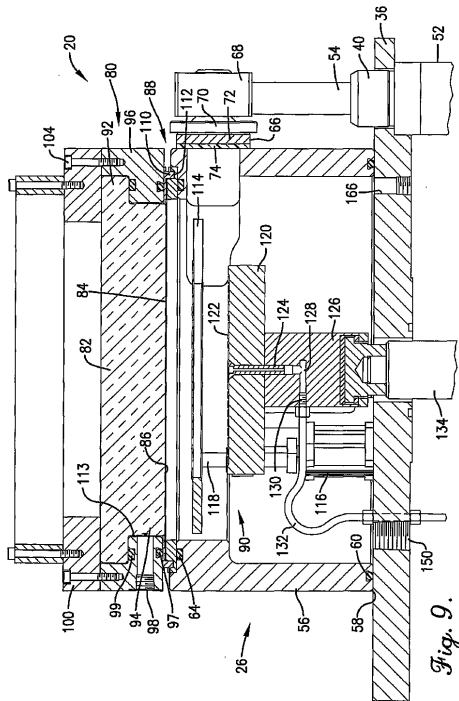


Fig. 9.

【 図 10 】

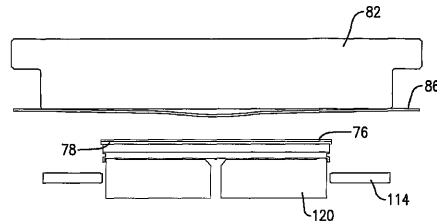


Fig. 10.

【 図 11 】

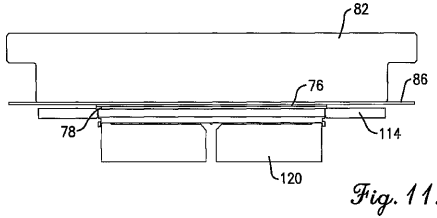


Fig. 11.

【 図 12 】

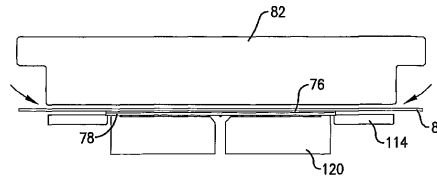


Fig. 12.

【 図 13 】

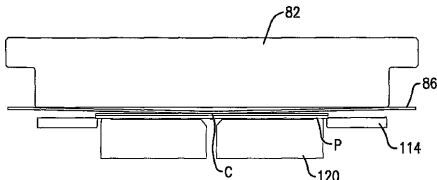


Fig. 13.

【 図 14 】

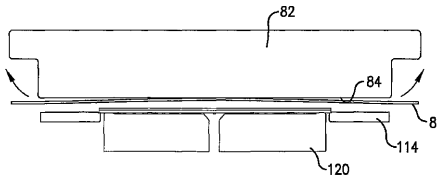


Fig. 14.

【 図 15 】

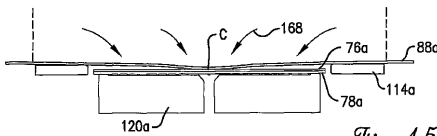


Fig. 15.

【 図 16 】

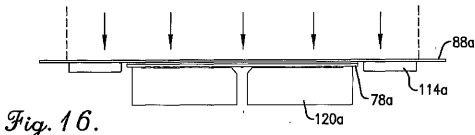


Fig. 16.

【 図 17 】

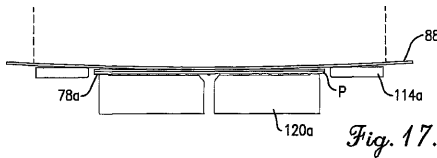


Fig. 17.

【 図 18 】

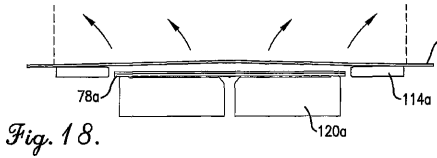


Fig. 18.

フロントページの続き

審査官 横島 隆裕

- (56)参考文献 特開平07-221006(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0106899(US,A1)
特開平08-088169(JP,A)
特公平06-022199(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B05D 1/00-7/26
B05C 1/00-21/00