

(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2004-40079

(P2004-40079A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/304

B24B 37/04

F I

H01L 21/304 622H

B24B 37/04 H

テーマコード(参考)

3C058

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L 外国語出願 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2003-76041 (P2003-76041)
 (22) 出願日 平成15年3月19日 (2003.3.19)
 (31) 優先権主張番号 10/102083
 (32) 優先日 平成14年3月19日 (2002.3.19)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100094318
 弁理士 山田 行一
 (74) 代理人 100104282
 弁理士 鈴木 康仁

最終頁に続く

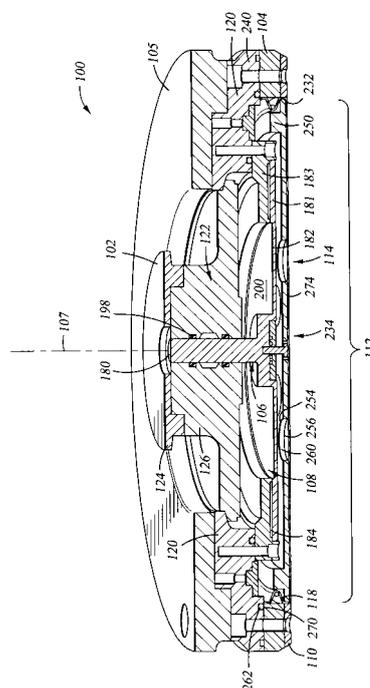
(54) 【発明の名称】 化学機械研磨システムの振動低減機能付キャリアヘッド

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ウェハ研磨中の振動を最小限に抑えながら研磨処理能力を最適にする。

【解決手段】 キャリアヘッド100には、共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジング102と、ベース104と、ハウジング102に取り付けられた着脱可能なプレート105と、ベース104が研磨面に実質上並行であり続ける為に移動できるようにハウジング102をベース104に接続するジンバル機構106と、基板の取り付け面を定める柔軟なメンブレン118とがある。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を研磨面に配置するキャリアヘッドであって、
共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、
ベースと、
取り外せるよう上記ハウジングに取り付けられた着脱可能なプレートと、
上記ベースが上記研磨面に実質的に平行であり続ける為に上記ベースが上記ハウジングに
対し移動できるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するジンバル機構と、
基板の取り付け面を定める柔軟なメンブレンと、
を備える、キャリアヘッド。

10

【請求項 2】

上記着脱可能なプレートが手動で取り外せる、請求項 1 のキャリアヘッド。

【請求項 3】

上記着脱可能なプレートが上記キャリアヘッドに重量を付加する、請求項 1 のキャリアヘ
ッド。

【請求項 4】

上記ジンバル機構が、基板の研磨中に発生した振動を減衰させるよう構成されている緩衝
リングを含む、請求項 1 のキャリアヘッド。

【請求項 5】

請求項 1 のキャリアヘッドであって、上記ジンバル機構が、
上記ハウジングの垂直な通路に摺動可能に配置されるロッドと、
上記ロッドに一体化して接続されるリングであって、下部リング部と上部リング部とを定
め、上記上部リング部は上記下部リング部よりも軽い材料で形成される、上記リングと、
を備える、請求項 1 のキャリアヘッド。

20

【請求項 6】

請求項 1 のキャリアヘッドであって、上記ジンバル機構が、
上記ハウジングの垂直な通路に摺動可能に配置されるロッドと、
上記ロッドに一体化して接続されるリングと、下部リング部と上部リング部とを定める、
上記リングと、
上記下部リング部と上記上部リング部との間に配置される緩衝リングと、
を備える、請求項 1 のキャリアヘッド。

30

【請求項 7】

上記ベースに下向きの圧力が加わるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するローディ
ング機構を更に備える、請求項 1 のキャリアヘッド。

【請求項 8】

上記ベースに接続される緩衝リングを更に備え、上記柔軟なメンブレンを囲む、請求項 1
のキャリアヘッド。

【請求項 9】

基板を研磨面に配置するキャリアヘッドであって、
共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、
ベースと、
基板の取り付け面を定める柔軟なメンブレンと、
上記ベースが上記研磨面に実質的に平行であり続ける為に上記ベースが上記ハウジングに
対し移動できるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するジンバル機構と、上記ジンバ
ル機構は、
上記ハウジングの垂直な通路に摺動可能に配置されるロッドと、
上記ロッドに一体化して接続されるリングであって、下部リング部と上部リング部とを定
め、上記上部リング部は上記下部リング部よりも軽い材料で形成される、上記リングと、
を備える上記ジンバル機構と、
を備える、キャリアヘッド。

40

50

【請求項 10】

上記ジンバル機構が、基板の研磨中に発生した振動を減衰させるよう構成されている緩衝リングを更に備える、請求項 9 のキャリアヘッド。

【請求項 11】

上記ジンバル機構が、上記下部リング部と上記上部リング部との間に配置される緩衝リングを更に備える、請求項 9 のキャリアヘッド。

【請求項 12】

取り外せるよう上記ハウジングに取り付けられた着脱可能なプレートをも更に備える、請求項 9 のキャリアヘッド。

【請求項 13】

化学機械研磨装置用キャリアヘッドであって、
共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、
上記ハウジングに相対的にベースが垂直に移動できるように上記ハウジングを上記ベースに接続するローディング機構と、
取り外せるよう上記ハウジングに取り付けられた着脱可能なプレートと、
を備える、キャリアヘッド。

10

【請求項 14】

上記着脱可能なプレートが手動で取り外せる、請求項 13 のキャリアヘッド。

【請求項 15】

上記着脱可能なプレートが上記キャリアヘッドに重量を付加する、請求項 13 のキャリアヘッド。

20

【請求項 16】

基板の研磨中に発生した振動を減衰させるよう構成されている緩衝リングを有するジンバル機構をも更に備える、請求項 13 のキャリアヘッド。

【請求項 17】

上記下部リング部と上記上部リング部との間に配置される緩衝リングを有するジンバル機構をも更に備える、請求項 13 のキャリアヘッド。

【請求項 18】

請求項 13 のキャリアヘッドであって、上記ジンバル機構が、
上記ハウジングの垂直な通路に摺動可能に配置されるロッドと、
上記ロッドに一体化して接続されるリングであって、下部リング部と上部リング部とを定め、上記上部リング部は上記下部リング部よりも軽い材料で形成される、上記リングと、
を備える、請求項 13 のキャリアヘッド。

30

【請求項 19】

化学機械研磨装置用キャリアヘッドであって、
共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、
ベースと、
上記ベースが上記ハウジングに対して垂直に移動できるように上記ハウジングを上記ベースに接続するジンバル機構であって、
上記ハウジングの垂直な通路に摺動可能に配置されるロッド、
上記ロッドに一体化して接続されるリングであって、下部リング部と上部リング部とを定め、上記上部リング部は上記下部リング部よりも軽い材料で形成される、上記リング、
を備える、上記ジンバル機構と、
上記ベースに接続される柔軟なメンブレンであって、基板の取り付け面を定める、上記メンブレンと、
を備える、キャリアヘッド。

40

【請求項 20】

上記ジンバル機構が、基板の研磨中に発生した振動を減衰させるよう構成されている緩衝リングをも含む請求項 19 のキャリアヘッド。

【請求項 21】

50

上記ジンバル機構が、上記下部リング部と上記上部リング部との間に配置される緩衝リングを備える、請求項 19 のキャリアヘッド。

【請求項 22】

取り外せるよう上記ハウジングに取り付けられた着脱可能なプレートを更に備える、請求項 19 のキャリアヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の背景

【発明の分野】

本発明は一般に、基板の化学機械研磨中に利用されるキャリアヘッドに関する。

10

【関連技術の説明】

集積回路は一般に、導電性の層や、半導性の層や、絶縁性の層を連続して堆積することで、基板、特にシリコンウェハ上に形成される。各層が堆積された後、層は回路のフィーチャを生成するようエッチングされる。一連の層が連続して堆積されエッチングされる為に、基板の外面すなわち最上面、つまり基板の露出した面がますます平坦でなくなる。上記のように外面が平坦でない場合、外面に置かれるフォトレジスト層も平坦でなくなる。フォトレジスト層は一般に、光画像の焦点をフォトレジストに合わせるフォトリソグラフィ装置によりパターン化される。基板の外面が明らかに平らでない場合、外面の山と谷の最大高度差が画像化装置の焦点の深さを超えてしまい、光画像の焦点を基板の外面に適切に合わせることが不可能になる。従って、実質的に層の面を平坦にするべく基板表面を周期的に平坦にする必要がある。

20

【0002】

化学機械研磨 (CMP) は認められている平坦化方法の 1 つである。上記平坦化方法では一般に、基板がキャリアヘッド即ち研磨ヘッドに取り付けられている必要がある。そして基板の露出した表面が回転する研磨パッドに向けて配置される。基板が研磨パッドに押圧されるよう、キャリアは制御可能な負荷、すなわち圧力を基板に加える。またキャリアは、基板と研磨パッドが互いにいっそう動くよう回転する。パッドと基板間のインターフェイスに研磨用の化学溶液を供給するよう、化学的に反応する少なくとも 1 つの薬剤と研磨剤とを含む研磨スラリーが研磨パッド全体に分配される。

30

【0003】

一般に、研磨処理が完了した後に基板を研磨パッドから取り外すにはキャリアヘッドが使用される。基板はキャリアヘッドの下面に真空チャックされる。キャリアヘッドが引っ込むと、基板は研磨パッドから持ち上げられる。

【0004】

CMP の場合に直面する 1 つの問題は、ウェハの研磨中に高周波の振動も低周波の振動も発生し、製造の効率や操作コストの漸進的な増加に関する様々な問題を引き起こすことである。研磨中に発生した高周波の振動 ($> 250 \text{ Hz}$ かつ $< 20 \text{ kHz}$) は環境、健康、安全の問題を提示し、一方、研磨中に発生した低周波の振動 ($< 250 \text{ Hz}$) は信頼性の問題を提示する。例えば、発生した振動はジンバルのねじを緩めるので、ウェハがはずれることにつながる。加えて、キャリアヘッドの構成要素同士の間で伝達された研磨誘導エネルギーが、途方もない音量を出す共振や増幅の反応を引き起こす。研磨誘導エネルギーは更に、研磨システム内に相対曲げ運動を引き起こす。

40

【0005】

振動に関する問題を解決する上で考慮すべき点は、作業場の既定された規制の規格に準拠しながらもコストが効率的でありかつ人間工学的に妥当な解決法を編み出すことである。

【0006】

従って、ウェハ研磨中の振動を最小限に抑えながらも研磨処理能力を最適にする化学機械研磨装置が必要である。

【0007】

50

発明の要約

本発明の実施形態は一般に、基板を研磨面に配置するキャリアヘッドに向けられている。ある実施形態のキャリアヘッドには、共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、ベースと、取り外せるよう上記ハウジングに取り付けられた着脱可能なプレートと、上記ベースが上記研磨面に実質的に平行であり続ける為に上記ベースが上記ハウジングに対し移動できるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するジンバル機構と、基板の取り付け面を定める柔軟なメンブレンとがある。

【0008】

本発明の他の実施形態は、基板を研磨面に配置するキャリアヘッドに向けられている。上記キャリアヘッドには、共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、ベースと、上記ベースが上記研磨面に実質的に平行であり続ける為に上記ベースが上記ハウジングに対し移動できるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するジンバル機構とがある。上記ジンバル機構には、上記ハウジングの垂直な通路に摺動可能に配置されるロッドと、上記ロッドに一体化して接続されるリングとがある。上記リングは下部リング部と上部リング部とを定める。上記上部リング部は上記下部リング部よりも軽い材料で形成される。キャリアヘッドには更に、基板の取り付け面を定める柔軟なメンブレンがある。

10

【0009】

本発明の他の実施形態は、化学機械研磨装置用キャリアヘッドに向けられている。上記装置には、共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、上記ハウジングに相対的にベースが垂直に移動できるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するローディング機構と、取り外せるよう上記ハウジングに取り付けられた着脱可能なプレートとがある。

20

【0010】

本発明の更なる他の実施形態は、化学機械研磨装置用キャリアヘッドに向けられている。上記装置には、共に回転するよう駆動シャフトに接続可能なハウジングと、上記ハウジングに相対的にベースが垂直に移動できるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するローディング機構と、化学機械研磨装置に関連する上記研磨面に上記ベースが実質上並行であり続ける為に上記ベースが上記ハウジングに対し移動できるよう上記ハウジングを上記ベースに接続するジンバル機構とがある。上記ジンバル機構には、基板の研磨中に発生した振動を減衰させるよう構成されている緩衝リングがある。

30

【0011】

好適な実施形態の詳細な説明

本発明は、化学機械研磨装置用キャリアヘッドの様々な実施形態に向けられたものである。ある態様のキャリアヘッドには、キャリアヘッドのハウジング部分に取り付けられた着脱可能なプレートが含まれる。特に、ハウジングに定められるハウジングプレートの他に着脱可能なプレートが取り付けられる。着脱可能なプレートにより、基板の研磨中に生成される振動や雑音を低減するために必要な重量が付加される。ある実施形態では、着脱可能なプレートを移動させるリフティング装置が不要になるよう、着脱可能なプレートは手動で取り外せる。着脱可能なプレートにより更なる重量が付加されるため、重量を抑えるべくジンバル機構が構成される場合がある。例えば、ジンバルリングの上部がジンバルリングの下部より軽い材料で形成される。ある実施形態のジンバルリングの上部は、CMPシステムが共振周波数に達した際に生成されるエネルギーを低減する材料から成る。本発明のある態様では、研磨処理中に生成される振動を減衰させる為にジンバルリングの下部とジンバルリングの上部の間に緩衝リングが配置されている。

40

【0012】

本発明の実施形態は様々な化学機械研磨(CMP)システムで利用されてよく、そのシステムに含まれるのは、200mm基板を研磨するよう構成されたCMPシステムと300mm基板を研磨するよう構成されたCMP装置、例えば、カリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社から発売されているREFLEXION(登録商標)CMPシステムなどである。説明の為に、本発明の実施形態に従う化学機械研磨装置20の分解

50

組立斜視図が図1に示されている。化学機械研磨(CMP)装置20は1枚以上の基板10を研磨するよう構成されている。同様なCMPシステムの説明は米国特許5,738,574号および米国特許6,156,124号にあり、上記特許の全開示は参考形式で本願に組み込まれる。

【0013】

本発明によると、CMP装置20には、CMP装置20に取り付けられたテーブルトップ23と取り外し可能な上部外面カバー(図示せず)とがある。テーブルトップ23は一連の研磨ステーション25a、25b、25cと移送用ステーション27とを支持する。移送用ステーション27は3つの研磨ステーション25a、25b、25cと共に、一般に正方形を作るように配列される。移送用ステーション27は、個々の基板10をローディング(図示せず)装置から受け取ったり、基板を洗浄したり、基板をキャリアヘッドにロードしたり、基板をキャリアヘッドから受け取ったり、基板を再び洗浄したり、最後に基板をローディング装置に戻したりと、複数の機能を果たす。

10

【0014】

各研磨ステーション25a、25b、25cには、研磨パッド32を置く回転可能なプラテン30がある。プラテン30は、ステンレス鋼プラテン駆動シャフト(図示せず)によりプラテン駆動モータ(図示せず)に接続された回転可能なアルミニウム又はステンレス鋼のプレートであることが望ましい。多くの研磨処理では、駆動モータはプラテン30を1分当たり30回から200回程度回転させるが、使用される回転速度はこれより低かったり高かったりする場合もある。

20

【0015】

研磨パッド32は粗い研磨面を有する複合材料でもよい。研磨パッド32はプラテン30に感圧接着層で取り付けられてもよい。研磨パッド32は、50ミル厚の硬い上部層と50ミル厚の柔らかい下部層を有する場合がある。上部層は他の充填剤と混合されたポリウレタンから成る材料であることが望ましい。下部層はウレタンにより浸出された圧縮フェルト繊維から成る材料であることが望ましい。上部層がIC-1000から構成され下部層がSUBA-4から構成され一般的な2層研磨パッドは、デラウェア州ニューアークのRodel社から発売されている(IC-1000及びSUBA-4はRodel社の製品名である)。

30

【0016】

各研磨ステーション25a~25cには更に、関連するパッド調整装置40がある。各パッド調整装置40には、独立して回転する調整ヘッド44と付随の洗浄ボール(basin)46とを保持する回転可能なアーム42がある。調整装置40は、研磨パッドの回転中に研磨パッドに押圧された任意の基板を研磨パッドが効果的に研磨するように研磨パッドの状態を保つ。

40

【0017】

スラリー50は、反応剤(例えば、酸化物を研磨するようイオンを除去された水)、研磨粒子(例えば、酸化物を研磨する二酸化ケイ素)、化学的に反応する触媒(例えば、酸化物を研磨する水酸化カリウム)を含み、スラリー供給管52により研磨パッド32の表面に供給される。十分なスラリー50が研磨パッド32全体を覆い湿らすよう供給される。隣接する研磨ステーション25a、25b、25cの間に2つ以上の中間洗浄ステーション55a、55bが配置される。洗浄ステーション55a、55bは、基板10が1つの研磨ステーションから別の研磨ステーションへと移る際に基板10をすすぐ。

【0018】

回転可能なマルチヘッドのカルーセル60が下部機械ベース22の上に配置されている。カルーセル60は、センターポスト62により支持され、ベース22内部に配置されたカルーセルモータアセンブリ(図示せず)によりセンターポスト62の上でカルーセル軸64を中心に回転される。センターポスト62はカルーセル支持プレート66とカバー68とを支持する。

【0019】

50

マルチヘッドのカルーセル60には、4つのキャリアヘッドシステム70a、70b、70c、70dがある。キャリアヘッドシステムのうち3つは、基板を受け取り保持し、研磨ステーション25a~25cのプラテン30上の研磨パッド32に基板を押圧することで基板を研磨する。キャリアヘッドシステムの1つは、移送用ステーション27から基板を受け取りかつ移送用ステーション27へと基板を送出する。4つのキャリアヘッドシステム70a~70dはカルーセル軸64を中心に同一の角度間隔でカルーセル支持プレート66に取り付けられている。センターポスト62により、カルーセルモータがカルーセル支持プレート66を回転することができ、キャリアヘッドシステム70a~70d及びこれらに取り付けられた基板がカルーセル軸64を中心に回ることが可能になる。

【0020】

キャリアヘッドシステム70a~70dには、研磨ヘッド即ちキャリアヘッド100がある。各キャリアヘッド100は独立して自身の軸を中心に回転し、カルーセル支持プレート66に形成された径方向スロット72で独立して水平方向に振動する。キャリア駆動シャフト74がキャリアヘッド回転モータ76をキャリアヘッド100に接続する(カバー68の4分の1を取り除いて示されている)。従って各ヘッド100には1つのキャリア駆動シャフト74と1つのモータ76とがある。

【0021】

ここで図2を参照すると、本発明の実施形態に従う、上部ハウジング68を取り除かれたカルーセル60の略平面図が示されている。図2に示すように、カルーセル支持プレート66は4つのキャリアヘッドシステム70a~70dを支持する。カルーセル支持プレート66には4つの径方向スロット72があり、径方向スロット72は一般に径方向に広がり90度離れて配置されている。4つの径方向スロット72は端が閉じていたり(図示せず)開いていたりする。支持プレート66の上部はスロットのある4つのキャリアヘッド支持スライド80を支持する。各スライド80は、径方向スロット72の1つと一列に並び、カルーセル支持プレート66に対し径方向の通路に沿って自由に移動する。各スライド80を支持するべく2つのリニアベアリングアセンブリが各径方向スロット72をまとめる。

【0022】

図2及び図3に示すように、各リニアベアリングアセンブリには、カルーセル支持プレート66に固定されたレール82と、レール82を握るようスライド80に固定された2つのハンド83(図3には1つのみ描かれている)とがある。2つのベアリング84が、ハンド83とレール82が互いに自由に滑らかに移動するよう各ハンド83をレール82から分離する。従って、リニアベアリングアセンブリにより、スライド80は径方向スロット72に沿って自由に移動可能になる。

【0023】

レール82のうち1つの外側の端に固定されたベアリングストップ85は、スライド80がレールの端から誤って外れるのを防止する。各スライド80のアームの1つには、図示しないがねじが切った受け取りキャビティ又はナットがあり、ナットの末端部に近接するスライドに固定されている。ねじ切りキャビティ又はナットは、カルーセル支持プレート66に取り付けられたスライドラジアル発振モータ87により駆動されるウォームギア親ねじ86を受ける。モータ87が親ねじ86を回すと、スライド80は径方向に移動する。4つのモータ87は、カルーセル支持プレート66の径方向スロット72に沿って4つのスライドを別個に移動させるよう別個に操作可能である。

【0024】

キャリアヘッドアセンブリ又はシステムは、キャリアヘッド100と、キャリア駆動シャフト74と、キャリアモータ76と、取り囲んでいる回転しないシャフトハウジング78とを各々有し、4つのスライドの各々に固定される。駆動シャフトハウジング78は、下部リングベアリング88のセットと上部リングベアリング89のセットが対になって駆動シャフト74を保持する。

【0025】

10

20

30

40

50

駆動モータ76の上にある回転カップリング90が、3つ以上の流体ライン92a、92b、92cを3つ以上のチャンネル94a、94b、94cに駆動シャフト74でそれぞれ連結する。3つの真空源又は圧力源、例えばポンプ、ベンチュリ管、圧力調整器(以下、まとめて簡潔に「ポンプ」と呼ぶ)93a、93b、93cが、流体ライン92a、92b、92cにそれぞれ接続される場合がある。3つの圧力センサ即ち圧力ゲージ96a、96b、96cも、流体ライン92a、92b、92cにそれぞれ接続される場合がある。制御可能なバルブ98a、98b、98cが、圧力ゲージ96a、96b、96cとポンプ93a、93b、93cの間に流体ラインを横切って、それぞれ接続される場合がある。ポンプ93a~93c、圧力ゲージ96a~96c、バルブ98a~98cは、汎用デジタルコンピュータ99に適切に接続されるであろう。以下に詳細に説明するように、

10 空気圧によってキャリアヘッド100に動力を供給しキャリアヘッド100の底面に基板を真空チャックする為に、コンピュータ99がポンプ93a~93cを操作する場合がある。加えて、コンピュータ99は、キャリアヘッドの基板の存在を検出する為に、バルブ98a~98cを操作し圧力ゲージ96a~96cを監視する場合もある。

【0026】

実際の研磨の間は、3つのキャリアヘッド、例えばキャリアヘッドシステム70a~70cのキャリアヘッドは、それぞれの研磨ステーション25a~25c上に配置される。キャリアヘッド100は基板10を下降させて研磨パッド32に接触させ、スラリ50は基板すなわちウェハの化学機械研磨の媒体として働く。

【0027】

基板10は一般に複数の研磨ステップを受け、上記ステップには主要研磨ステップや最終研磨ステップが含まれる。主要研磨ステップについては、通常ステーション25aで行われ、キャリアヘッド100は1インチ平方当たりおよそ4から10ポンド(psi)の力を基板10に加える。続くステーションでは、キャリアヘッド100は基板10に大きい力を加えたり小さい力を加えたりする。例えば、最終研磨ステップについては、通常ステーション25cで行われ、キャリアヘッド100は約3psiの力を基板10に加える。キャリアモータ76はキャリアヘッド100を1分当たり30回から200回程度回転させる。プラテン30及びキャリアヘッド100も実質的に同一の速度で回転するであろう。

【0028】

一般にキャリアヘッド100は、基板10を研磨パッド32に向けて保持し、基板10の裏面全体に力を均一に分布させる。キャリアヘッド100は更に、トルクを駆動シャフトから基板10へ移動させ、研磨中に基板10がキャリアヘッド100の下から絶対に外れないようにする。

【0029】

ここで図4を参照すると、本発明の実施形態に従うキャリアヘッド100の透視側面図が示されている。キャリアヘッド100には、ハウジング102と、着脱可能なプレート105と、ベース104と、ジンバル機構106と、ローディング機構108と、止め輪110と、基板裏当てアセンブリ112とがある。同様のキャリアヘッドのより詳細な説明は、米国特許5,957,751号にあり、上記特許の全開示は参考形式で本願に組み込まれる。

【0030】

ハウジング102は、駆動シャフト74と共に回転軸107を中心に回転するよう駆動シャフト74に接続され、回転の軸107は研磨パッド32の表面に実質的に直角である。ハウジング102は、研磨される基板10の円形の構成に一致するよう一般に円形である。ハウジング102には環状のハウジングプレート120がある。着脱可能なプレート105は、キャリアヘッド100の慣性を高めることで研磨に関連する振動を低減するようハウジングプレート120の上部に取り付けられている。着脱可能なプレート105の本体は一般に環状である。着脱可能なプレート105の重量はキャリアヘッド100又は基板10により変化するであろう。ある実施形態では、着脱可能なプレート105は約25

10

20

30

40

50

ポンドの重さである。着脱可能なプレート105により重量が付加されることで、ヘッド/プラテン回転速度、下降する力、スラリ流量等の重要な研磨パラメータの処理操作範囲が広がる。

【0031】

着脱可能なプレート105はリフティング装置の補助なしで容易に取り外せる。ある実施形態では、ハウジングプレート120の上面は、着脱可能なプレート105の底面の形状に一致するよう形作られる。即ち、ハウジングプレート120は着脱可能なプレート105を受けると構成された上面に溝121(図5に示す)を定める。他の実施形態では、着脱可能なプレート105を設置する為にハウジングプレート120の上面に3つの高い箇所が定められている。締結手段を受けると着脱可能なプレート105の上面には2つの孔123が定められている。着脱可能なプレート105はハウジングプレート120にボルトなどの種々の締結手段で取り付け可能である。着脱可能なプレート105は、重量のある任意の材料、例えばステンレス鋼やタングステンで形成される場合もある。一方、着脱可能なプレート105は、金属同士の接触を防ぎ、スラリの粘着を避け、高い表面潤滑性を持たせる為に、Halmar(登録商標)などの高分子型の材料で覆われている場合もある。着脱可能なプレート105の透視平面図が図5に示されている。

10

【0032】

図4を再度参照すると、ハウジング102には更に、一般に円柱状のハウジングハブ122があり、上部ハブ部分124及び下部ハブ部分126を定める。ハウジングプレート120は下部ハブ部分126を囲む。ハウジングプレート120とハウジングハブ122は共にステンレス鋼やアルミニウムで形成されている。

20

【0033】

ベース104の本体は一般に環状で、ハウジング102の下、特にハウジングプレート120の下に配置されている。ベース104は、アルミニウムや、ステンレス鋼や、繊維強化プラスチックなどの硬質な材料から形成されてよい。

【0034】

ジンバル機構106により、ベース104が研磨パッド32の表面に実質上並行であり続けるようベース104がハウジング102に対し移動することが可能になる。特に、ジンバル機構106により、ベース104がハウジング102に対し垂直に、即ち回転の軸107に沿って移動し、旋回、即ち研磨パッド32の表面に並行な軸を中心に回転することが可能になる。一方、ジンバル機構106はベース104がハウジング102に対し水平に、即ち研磨パッド32に並行な軸に沿って移動することを防ぐ。ジンバル機構106はアンロードされている、即ち、ハウジング102からジンバル機構106を介しベース104へと下向きの圧力がかけられている。一方、ジンバル機構106は任意の側面の負荷、例えば、基板10と研磨パッド32との間の摩擦により生成されたせん断力をハウジング102へと移すことができる。

30

【0035】

ジンバル機構106には、ジンバルロッド180とリング182があり、上部ジンバルリング部183と下部ジンバルリング部181とを定める。上部ジンバルリング部183はハウジングプレート120と下部ジンバルリング部181とに取り付けられている。ジンバルロッド180と下部ジンバルリング部181は、ステンレス鋼やアルミニウムなどの硬質な材料で形成されるであろう。他方、上部ジンバルリング部183はプラスチック即ち繊維強化プラスチックなどの軽い材料で形成されるであろう。一方、上部ジンバルリング部183は、デラウェア州ウィルミントンのDupont社から発売されているDELRI(登録商標)などの硬い材料や、G10などのガラス繊維とエポキシ樹脂の積層で形成されてもよい。ある実施形態の上部ジンバルリング部183は、CMPシステムが共振周波数に達した際に生成されるエネルギーを低減する材料から成る。ジンバル機構106には更に、上部ジンバルリング部183と下部ジンバルリング部181の間に緩衝リング184(図6に示す)が配置されている。緩衝リング184は研磨処理中に引き起こされた高周波の振動を減衰させるよう構成されている。ある実施形態では、緩衝リング184

40

50

はゴムのガスケットである。本発明の実施形態に従うジンバル機構 106 の透視分解組立図が図 6 に示される。別の態様では、ジンバルロッド 180 と下部ハブ部 126 の間を密封する為に、下部ハブ部 126 のくぼみに Oリング 198 がはめ込まれる場合がある。

【0036】

ローディング機構 108 は、ベース 104 に負荷すなわち下向きの圧力を加える為にハウジング 102 とベース 104 の間に配置される。この点に関しては、ハウジング 102 に相対的なベース 104 の垂直位置はローディング機構 108 に制御される。図 4 に示す通り、ローディング機構 108 には、ハウジング 102 とジンバル 106 との間に配置されたチャンバ 200 がある。

【0037】

下部ハブ部 126 をハウジングプレート 120 に密封してチャンバ 200 が形成される。チャンバ 200 は、当業者には既知の様々な手段で密封されてよい。チャンバ 200 は、流体ライン 92a を介してポンプ 93a (図 3 参照) と、回転カップリング 90 と、駆動シャフト 74 のチャンネル 94a と、ハウジング 102 の通路 (図示せず) とに接続されている場合がある。ベース 104 にかかる負荷を制御するべく空気などの流体やガスがポンプでチャンバ 200 へと出し入れされる。ポンプ 93a が流体をチャンバ 200 へと入れると、チャンバ 200 の体積は増大し、ベース 104 は下方へ押し下げられる。一方、ポンプ 93a が流体をチャンバ 200 から出すと、チャンバ 200 の体積は減少し、ベース 104 は上方へ押し上げられる。

【0038】

止め輪 110 はベース 104 の外側の端に固定されている。止め輪 110 は一般に環状で底面は実質的に平らである。流体がチャンバ 200 へと入れられベース 104 が下方へ押し下げられると、研磨パッド 32 に負荷をかけるべく止め輪 110 も下方へ押し下げられる。止め輪 110 の内部表面 232 が、柔軟なメンブレン 118 の取り付け面 274 と共に、基板受け用くぼみ 234 を定める。止め輪 110 は、基板 10 が受け用くぼみ 234 から外れないようにし、基板 10 からベース 104 へと水平な負荷を転送する。止め輪 110 は硬いプラスチック又はセラミック材料から形成される。ある実施形態では、止め輪 110 は、例えばボルト 240 (上記断面図には 1 つのみ示す) でベース 104 に固定されている場合がある。

【0039】

基板裏当てアセンブリ 112 はベース 104 の下方に位置している。基板裏当てアセンブリ 112 には、支持構造 114 と、柔軟なメンブレン 118 とがある。柔軟なメンブレン 118 は、基板 10 の取り付け面 274 を供給するべく支持構造 114 に接続され支持構造 114 の下に広がっている。

【0040】

支持構造 114 には支持プレート 250 があり、一般に円盤型の硬い部材である。支持プレート 250 には、一般に平らな下面 256 と、支持プレート 250 を通って垂直に広がる複数のアパーチャ 260 とがあり、支持プレート 250 は下面 256 を上面 254 に接続する。支持プレート 250 はアルミニウムやステンレス鋼で形成され得る。

【0041】

上述したように、柔軟なメンブレン 118 の下面は基板 10 の取り付け面 274 を供給する。研磨中、基板 10 は裏面が取り付け面 274 に向けて位置づけられた状態で基板受け用くぼみ 234 に配置される。ある実施形態の柔軟なメンブレン 118 は、強度の高いシリコーンゴムなどの柔軟で弾性のある材料から形成される円形のシートである。柔軟なメンブレン 118 には、溝 262 に嵌め込まれた突出する外部端 270 がある。柔軟なメンブレン 118 の端はベース 104 とハウジングプレート 120 との間で締め付けられる。基板の存在を検出する為に小さいアパーチャ又は複数のアパーチャがメンブレン 118 のほぼ中心に形成される。アパーチャは直径およそ 1 から 10 ミリメートルである。

【0042】

柔軟なメンブレン 118 は、基板 10 の端に近接したメンブレン 118 の部分が変形する

10

20

30

40

50

ことなく研磨パッド32を傾斜させるよう調節されるであろう。その結果、研磨パッド32がキャリアヘッド100に対し傾斜されても基板10への負荷は依然として均一となる。基板10の裏面に合うよう柔軟なメンブレン118が変形される場合もある。例えば、基板10が歪んでいる場合、柔軟なメンブレン118は歪んだ基板10の輪郭に事実上一致する。従って、基板10の裏面の表面に不均一性があっても基板10への負荷は依然として均一である。

【0043】

上述したことは本発明の実施形態に向けられているが、本発明の他の実施形態及び更なる実施形態が、本発明の基本的な範囲からそれることなく考案され、本発明の範囲は以下に続く特許請求の範囲により決定される。

10

【図面の簡単な説明】

本発明の実施形態で説明される方法が達成され細部にわたり理解されるよう、以上には簡潔に要約されていたが、添付の図面に図示された本発明の実施形態を参照して本発明に特定の説明がなされる。

しかし注意すべきは、添付の図面が一般的な本発明の実施形態を示すのみであり、従って、本発明が他の同等に効果的な実施形態を認めるよう、本発明の範囲を限定するとみなすべきでない点である。

【図1】本発明の実施形態に従う化学機械研磨装置の分解組立斜視図である。

【図2】本発明の実施形態に従う、上部ハウジングを取り除かれたカルーセルの概略平面図である。

20

【図3】本発明の実施形態に従う、図2のカルーセルの線3-3に沿った部分的な断面図とCMP装置で使用される圧力調整器の部分的な概略図である。

【図4】本発明の実施形態に従う、着脱可能なプレートとジンバル機構とを備えるキャリアヘッドの側方からの斜視図である。

【図5】本発明の実施形態に従う着脱可能なプレートの上方からの分解斜視図である。

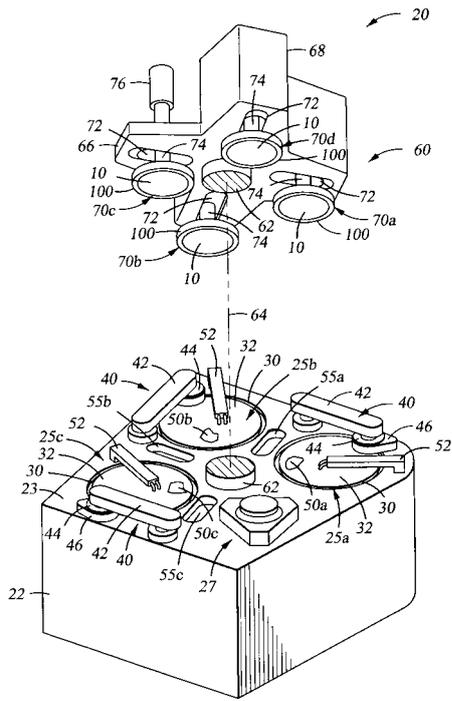
【図6】本発明の実施形態に従うジンバル機構の透視分解組立図である。

【符号の説明】

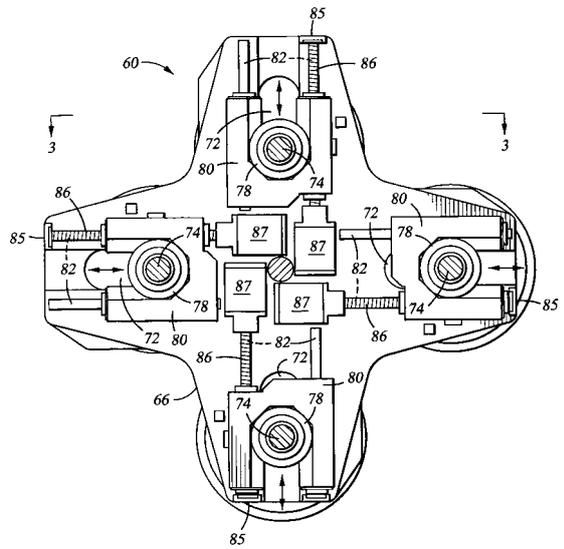
100	キャリアヘッド
102	ハウジング
104	ベース
105	着脱可能なプレート
106	ジンバル機構
108	ローディング機構
118	柔軟なメンブレン
180	ジンバルロッド
182	リング
183	上部ジンバルリング部
181	下部ジンバルリング部

30

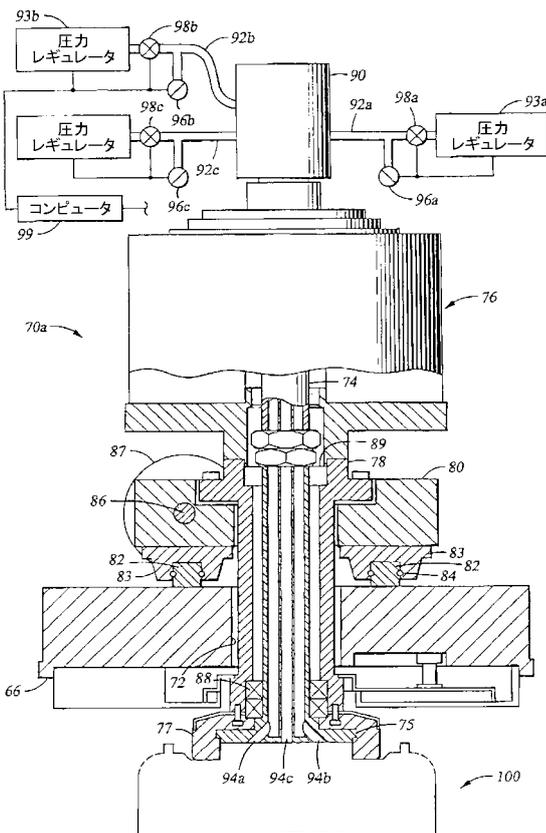
【 図 1 】



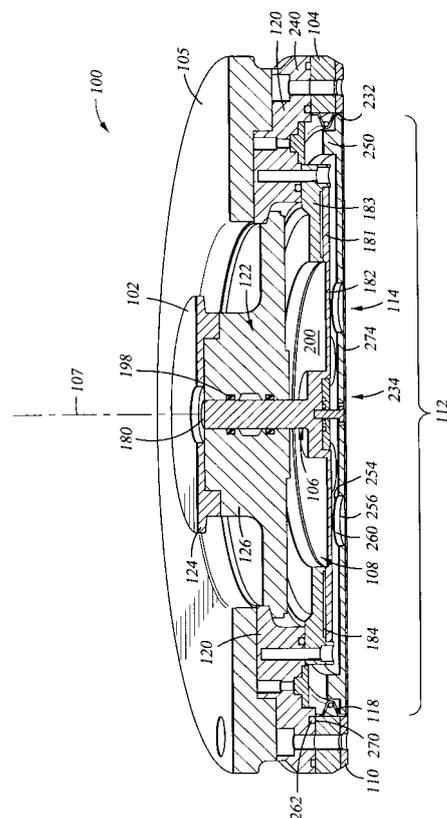
【 図 2 】



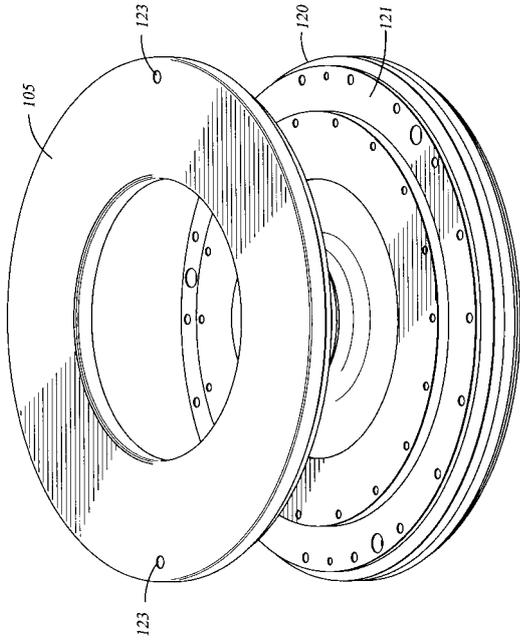
【 図 3 】



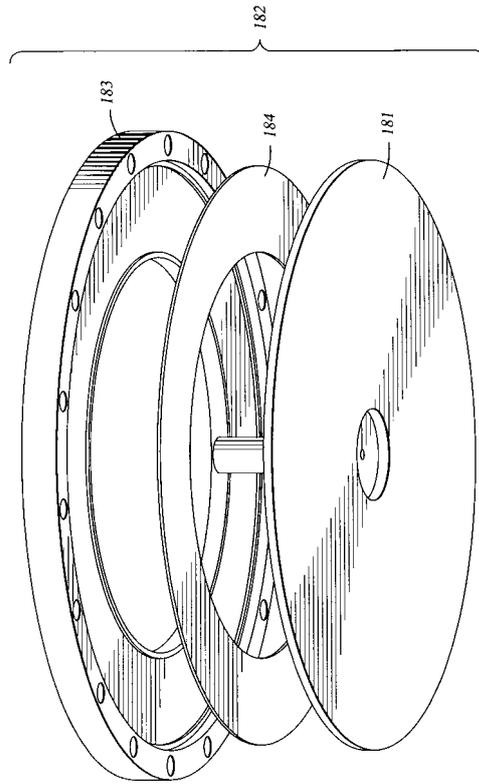
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 サンディー シー - スン チャオ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, キャンベル, ハリソン アヴェニュー 700

(72)発明者 アンドリュー ナーゲンガスト

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーヴェイル, サンタ ポーラ アヴェニュー 659

Fターム(参考) 3C058 AA07 AB04 CB01 DA13 DA17

【外国語明細書】

1 Title of Invention

CARRIER HEAD WITH A VIBRATION REDUCTION FEATURE FOR A CHEMICAL MECHANICAL POLISHING SYSTEM

2 Claims

1. A carrier head for positioning a substrate on a polishing surface, comprising:
a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith;
a base;
a detachable plate removably mounted to the housing;
a gimbal mechanism connecting the housing to the base to permit the base to move with respect to the housing such that the base remains substantially parallel to the polishing surface; and
a flexible membrane defining a mounting surface for the substrate.
2. The carrier head of claim 1, wherein the detachable plate is manually removable.
3. The carrier head of claim 1, wherein the detachable plate provides additional weight to the carrier head.
4. The carrier head of claim 1, wherein the gimbal mechanism comprises a dampening ring configured to dampen the vibrations generated while polishing the substrate.
5. The carrier head of claim 1, wherein the gimbal mechanism comprises:
a rod slidably disposed in a vertical passage in the housing; and
a ring integrally connected to the rod, the ring defining a lower ring portion and an upper ring portion, the upper ring portion being made of a lighter material than the lower ring portion.
6. The carrier head of claim 1, wherein the gimbal mechanism comprises:
a rod slidably disposed in a vertical passage in the housing;
a ring integrally connected to the rod, the ring defining a lower ring portion and an upper ring portion; and
a dampening ring placed in between the lower ring portion and the upper ring portion.

7. The carrier head of claim 1, further comprising a loading mechanism connecting the housing to the base to apply a downward pressure to the base.

8. The carrier head of claim 1, further comprising a retaining ring connected to the base and surrounding the flexible membrane.

9. A carrier head for positioning a substrate on a polishing surface, comprising:
a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith;
a base;
a flexible membrane defining a mounting surface for the substrate; and
a gimbal mechanism connecting the housing to the base to permit the base to move with respect to the housing such that the base remains substantially parallel to the polishing surface, the gimbal mechanism comprising:
a rod slidably disposed in a vertical passage in the housing; and
a ring integrally connected to the rod, the ring defining a lower ring portion and an upper ring portion, the upper ring portion being made of a lighter material than the lower ring portion.

10. The carrier head of claim 9, wherein the gimbal mechanism further comprises a dampening ring configured to dampen the vibrations generated while polishing the substrate.

11. The carrier head of claim 9, wherein the gimbal mechanism further comprises a dampening ring placed in between the lower ring portion and the upper ring portion.

12. The carrier head of claim 9, further comprising a detachable plate removably mounted on the housing.

13. A carrier head for a chemical mechanical polishing apparatus, comprising:
a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith;
a loading mechanism connecting the housing to a base to permit vertical movement of the base relative to the housing; and

a detachable plate removably mounted on the housing.

14. The carrier head of claim 13, wherein the detachable plate is manually removable.
15. The carrier head of claim 13, wherein the detachable plate provides additional weight to the carrier head.
16. The carrier head of claim 13, further comprising a gimbal mechanism having a dampening ring configured to dampen the vibrations generated while polishing a substrate.
17. The carrier head of claim 13, further comprising a gimbal mechanism having a dampening ring placed in between the lower ring portion and the upper ring portion.
18. The carrier head of claim 13, further comprising a gimbal mechanism having a rod slidably disposed in a vertical passage in the housing; and a ring integrally connected to the rod, the ring defining a lower ring portion and an upper ring portion, the upper ring portion being made of a lighter material than the lower ring portion.
19. A carrier head for a chemical mechanical polishing apparatus, comprising:
 - a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith;
 - a base; and
 - a gimbal mechanism connecting the housing to the base to permit the base to move vertically with respect to the housing, the gimbal mechanism comprising:
 - a rod slidably disposed in a vertical passage in the housing; and
 - a ring integrally connected to the rod, the ring defining a lower ring portion and an upper ring portion, the upper ring portion being made of a lighter material than the lower ring portion; and
 - a flexible membrane connected to the base, the flexible membrane defining a mounting surface for a substrate.

20. The carrier head of claim 19, wherein the gimbal mechanism further comprises a dampening ring configured to dampen the vibrations generated while polishing the substrate.

21. The carrier head of claim 19, wherein the gimbal mechanism comprises a dampening ring placed in between the lower ring portion and the upper ring portion.

22. The carrier head of claim 19, further comprising a detachable plate removably mounted to the housing.

3 Detailed Description of Invention

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the invention

[0001] The invention generally relates to a carrier head utilized during chemical mechanical polishing of substrates.

Description of the Related Art

[0002] Integrated circuits are typically formed on substrates, particularly silicon wafers, by the sequential deposition of conductive, semiconductive or insulative layers. After each layer is deposited, the layer is etched to create circuitry features. As a series of layers are sequentially deposited and etched, the outer or uppermost surface of the substrate, i.e., the exposed surface of the substrate, becomes increasingly non-planar. This non-planar outer surface presents a problem for the integrated circuit manufacturer. If the outer surface of the substrate is non-planar, then a photoresist layer placed thereon is also non-planar. A photoresist layer is typically patterned by a photolithographic apparatus that focuses a light image onto the photoresist. If the outer surface of the substrate is sufficiently non-planar, then the maximum height difference between the peaks and valleys of the outer surface may exceed the depth of focus of the imaging apparatus, and it will be impossible to properly focus the light image onto the outer substrate surface. Therefore, there is a need to periodically planarize the substrate surface to provide a substantially planar layer surface.

[0003] Chemical mechanical polishing (CMP) is one accepted method of planarization. This planarization method typically requires that the substrate be mounted to a carrier or polishing head. The exposed surface of the substrate is then placed against a rotating polishing pad. The carrier provides a controllable load, i.e., pressure, on the substrate to press it against the polishing pad. In addition, the carrier may rotate to provide additional motion between the substrate and polishing pad. A polishing slurry, including an abrasive and at least one chemically-reactive agent, may be distributed over the polishing pad to provide an abrasive chemical solution at the interface between the pad and substrate.

[0004] Typically, the carrier head is used to remove the substrate from the polishing pad after the polishing process has been completed. The substrate is vacuum-chucked to the underside of the carrier head. When the carrier head is retracted, the substrate is lifted off the polishing pad.

[0005] One problem that has been encountered in CMP is that during the course of polishing the wafer, vibrations of both high and low frequencies are produced, causing various problems associated with manufacturing efficiency and incremental increase in operating costs. High frequency vibrations (>250 Hz and <20 kHz) produced during polishing may present environmental, health and safety issues, while low frequency vibrations (<250 Hz) produced during polishing present may present reliability issues. For instance, the vibrations produced may cause gimbal screws to loosen, leading to slipped wafers. In addition, the polishing induced energy transmitted between the components in the carrier head may create resonance and amplification response that produce an inordinate amount of sound. The polishing induced energy may further cause relative bending movement within the polishing system.

[0006] A consideration in solving the problems associated with vibrations is developing a solution that is both cost efficient and ergonomically plausible, while still adhering to the established regulatory standards of the workplace.

[0007] Accordingly, a need exists for a chemical mechanical polishing apparatus that optimizes polishing throughput while minimizing vibrations during the course of polishing the wafer.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0008] Embodiments of the present invention are generally directed to a carrier head for positioning a substrate on a polishing surface. In one embodiment, the carrier head includes: a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith; a base; a detachable plate removably mounted on top of the housing; a gimbal mechanism connecting the housing to the base to permit the base to move with

respect to the housing such that the base remains substantially parallel to the polishing surface; and a flexible membrane defining a mounting surface for the substrate.

[0009] Another embodiment of the present invention is directed to a carrier head for positioning a substrate on a polishing surface. The carrier head includes: a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith; a base; a gimbal mechanism connecting the housing to the base to permit the base to move with respect to the housing such that the base remains substantially parallel to the polishing surface. The gimbal mechanism includes: a rod slidably disposed in a vertical passage in the housing; and a ring integrally connected to the rod. The ring defines a lower ring portion and an upper ring portion. The upper ring portion is made of a lighter material than the lower ring portion. The carrier head further includes a flexible membrane defining a mounting surface for the substrate.

[0010] Another embodiment of the present invention is directed to a carrier head for a chemical mechanical polishing apparatus. The apparatus includes: a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith; a loading mechanism connecting the housing to a base to permit vertical movement of the base relative to the housing; and a detachable plate removably mounted on the housing.

[0011] Yet another embodiment of the present invention is directed to carrier head for a chemical mechanical polishing apparatus. The apparatus includes: a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith; a loading mechanism connecting the housing to a base to permit vertical movement of the base relative to the housing; and a gimbal mechanism connecting the housing to the base to permit the base to move with respect to the housing such that the base remains substantially parallel to a polishing surface associated with the chemical mechanical polishing apparatus. The gimbal mechanism includes a dampening ring configured to dampen vibrations generated while polishing the substrate.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0020] The present invention is directed to various embodiments of a carrier head for a chemical mechanical polishing apparatus. In one aspect, the carrier head includes a detachable plate mounted to a housing portion of the carrier head. More specifically, the detachable plate is mounted on top of a housing plate defined by the housing. The detachable plate provides the additional weight necessary for reducing the vibrations and noise generated while the substrate is being polished. In one embodiment, the detachable plate is manually removable such that no lifting equipment is required for removing the detachable plate. As a result of the

additional weight provided by the detachable plate, the gimbal mechanism may be configured to be of a lesser weight. For instance, the upper portion of the gimbal ring may be made of a material lighter than the lower portion of the gimbal ring. In one embodiment, the upper portion of the gimbal ring is made of a material that reduces the energy created when the CMP system reaches resonance frequency. In one aspect of the invention, a dampening ring is placed in between the lower portion of the gimbal ring and the upper portion of the gimbal ring to dampen the vibrations generated during the polishing process.

[0021] Embodiments of the present invention may be used with a variety of chemical mechanical polishing (CMP) system, including the CMP system configured for polishing 200 mm substrates and the CMP apparatus configured for polishing 300 mm substrates, such as, the REFLEXIONTM CMP system available from Applied Materials, Inc., of Santa Clara, California. Illustratively, an exploded perspective view of a chemical mechanical polishing apparatus 20 in accordance with an embodiment of the invention is illustrated in Figure 1. The chemical mechanical polishing (CMP) apparatus 20 is configured to polish one or more substrates 10. A description of similar CMP systems may be found in U.S. Patent No. 5,738,574 and U.S. Patent No. 6,156,124, the entire disclosures of which are incorporated herein by reference.

[0022] According to the invention, the CMP apparatus 20 includes a lower machine base 22 with a table top 23 mounted on the CMP apparatus 20 and a removable upper outer cover (not shown). The table top 23 supports a series of polishing stations 25a, 25b, and 25c, and a transfer station 27. The transfer station 27 forms a generally square arrangement with the three polishing stations 25a, 25b, and 25c. The transfer station 27 performs multiple functions of receiving individual substrates 10 from a loading apparatus (not shown), washing the substrates, loading the substrates into the carrier heads, receiving the substrates from the carrier heads, washing the substrates again, and finally transferring the substrates back to the loading apparatus.

[0023] Each polishing station 25a-25c includes a rotatable platen 30 on which is placed a polishing pad 32. The platen 30 is preferably a rotatable aluminum or

stainless steel plate connected by a stainless steel platen drive shaft (not shown) to a platen drive motor (also not shown). For most polishing processes, the drive motor rotates the platen 30 at about thirty to two-hundred revolutions per minute, although lower or higher rotational speeds may be used.

[0024] The polishing pad 32 may be a composite material with a roughened polishing surface. The polishing pad 32 may be attached to the platen 30 by a pressure-sensitive adhesive layer. The polishing pad 32 may have a fifty mil. thick hard upper layer and a fifty mil. thick softer lower layer. The upper layer is preferably a material composed of polyurethane mixed with other fillers. The lower layer is preferably a material composed of compressed felt fibers leached with urethane. A common two-layer polishing pad, with the upper layer composed of IC-1000 and the lower layer composed of SUBA-4, is available from Rodel, Inc., located in Newark, Del. (IC-1000 and SUBA-4 are product names of Rodel, Inc.).

[0025] Each polishing station 25a-25c may further include an associated pad conditioner apparatus 40. Each pad conditioner apparatus 40 has a rotatable arm 42 holding an independently rotating conditioner head 44 and an associated washing basin 46. The conditioner apparatus 40 maintains the condition of the polishing pad so that it will effectively polish any substrate pressed against it while it is rotating.

[0026] A slurry 50 containing a reactive agent (e.g., deionized water for oxide polishing), abrasive particles (e.g., silicon dioxide for oxide polishing) and a chemically-reactive catalyzer (e.g., potassium hydroxide for oxide polishing), is supplied to the surface of polishing pad 32 by a slurry supply tube 52. Sufficient slurry 50 is provided to cover and wet the entire polishing pad 32. Two or more intermediate washing stations 55a and 55b are positioned between neighboring polishing stations 25a, 25b and 25c. The washing stations 55a and 55b rinse the substrates 10 as they pass from one polishing station to another.

[0027] A rotatable multi-head carousel 60 is positioned above the lower machine base 22. The carousel 60 is supported by a center post 62 and is rotated thereon

about a carousel axis 64 by a carousel motor assembly (not shown) located within the base 22. The center post 62 supports a carousel support plate 66 and a cover 68.

[0028] The multi-head carousel 60 includes four carrier head systems 70a, 70b, 70c, and 70d. Three of the carrier head systems receive and hold substrates and polish them by pressing them against the polishing pad 32 on the platen 30 of the polishing stations 25a-25c. One of the carrier head systems receives a substrate from and delivers the substrate to the transfer station 27. The four carrier head systems 70a-70d are mounted on the carousel support plate 66 at equal angular intervals about the carousel axis 64. The center post 62 allows the carousel motor to rotate the carousel support plate 66 and to orbit the carrier head systems 70a-70d, and the substrates attached thereto, about the carousel axis 64.

[0029] Each carrier head system 70a-70d includes a polishing or carrier head 100. Each carrier head 100 independently rotates about its own axis and independently laterally oscillates in a radial slot 72 formed in the carousel support plate 66. A carrier drive shaft 74 connects a carrier head rotation motor 76 to the carrier head 100 (shown by the removal of one-quarter of cover 68). Each head 100 therefore has one carrier drive shaft 74 and one motor 76.

[0030] Referring now to Figure 2, a schematic top view of the carousel 60 with the upper housing 68 removed in accordance with an embodiment of the invention is illustrated. As shown in Figure 2, the carousel support plate 66 supports the four carrier head systems 70a-70d. The carousel support plate 66 includes four radial slots 72, generally extending radially and oriented 90 degree apart. The four radial slots 72 may either be close-ended (as shown) or open-ended. The top of support plate 66 supports four slotted carrier head support slides 80. Each slide 80 aligns along one of the radial slots 72 and moves freely along a radial path with respect to the carousel support plate 66. Two linear bearing assemblies bracket each radial slot 72 to support each slide 80.

[0031] As shown in Figures 2 and 3, each linear bearing assembly includes a rail 82 fixed to the carousel support plate 66, and two hands 83 (only one of which is illustrated in Figure 3) fixed to the slide 80 to grasp the rail 82. Two bearings 84

separate each hand 83 from the rail 82 to provide free and smooth movement therebetween. Thus, the linear bearing assemblies permit the slides 80 to move freely along the radial slots 72.

[0032] A bearing stop 85 anchored to the outer end of one of the rails 82 prevents the slide 80 from accidentally coming off the end of the rails. One of the arms of each slide 80 contains an unillustrated threaded receiving cavity or nut fixed to the slide near its distal end. The threaded cavity or nut receives a worm-gear lead screw 86 driven by a slide radial oscillator motor 87 mounted on the carousel support plate 66. When the motor 87 turns the lead screw 86, the slide 80 moves radially. The four motors 87 are independently operable to independently move the four slides along the radial slots 72 in the carousel support plate 66.

[0033] A carrier head assembly or system, each including a carrier head 100, a carrier drive shaft 74, a carrier motor 76, and a surrounding non-rotating shaft housing 78, is fixed to each of the four slides. The drive shaft housing 78 holds the drive shaft 74 by paired sets of lower ring bearings 88 and a set of upper ring bearings 89.

[0034] A rotary coupling 90 at the top of drive motor 76 couples three or more fluid lines 92a, 92b and 92c to three or more channels 94a, 94b and 94c, respectively, in the drive shaft 74. Three vacuum or pressure sources, such as pumps, venturis or pressure regulators (hereinafter collectively referred to simply as "pumps") 93a, 93b and 93c may be connected to fluid lines 92a, 92b and 92c, respectively. Three pressure sensors or gauges 96a, 96b and 96c may be connected to fluid lines 92a, 92b and 92c, respectively. Controllable valves 98a, 98b and 98c may be connected across the fluid lines between pressure gauges 96a, 96b and 96c and pumps 93a, 93b and 93c, respectively. Pumps 93a-93c, pressure gauges 96a-96c and valves 98a-98c may be appropriately connected to a general-purpose digital computer 99. The computer 99 may operate pumps 93a-93c, as described in more detail below, to pneumatically power the carrier head 100 and to vacuum-chuck a substrate to the bottom of the carrier head 100. In addition, the computer 99 may operate the valves 98a-98c and monitor the pressure gauges 96a-96c to sense the presence of the substrate in the carrier head.

[0035] During actual polishing, three of the carrier heads, e.g., those of carrier head systems 70a-70c, are positioned at and above respective polishing stations 25a-25c. The carrier head 100 lowers a substrate 10 into contact with the polishing pad 32, and the slurry 50 acts as the media for chemical mechanical polishing of the substrate or wafer.

[0036] The substrate 10 is typically subjected to multiple polishing steps, including a main polishing step and a final polishing step. For the main polishing step, usually performed at station 25a, the carrier head 100 may apply a force of approximately four to ten pounds per square inch (psi) to the substrate 10. At subsequent stations, the carrier head 100 may apply more or less force. For example, for a final polishing step, usually performed at station 25c, the carrier head 100 may apply a force of about three psi. The carrier motor 76 rotates the carrier head 100 at about thirty to two-hundred revolutions per minute. The platen 30 and the carrier head 100 may rotate at substantially the same rate.

[0037] Generally, the carrier head 100 holds the substrate 10 against the polishing pad 32 and evenly distributes a force across the back surface of the substrate 10. The carrier head 100 also transfers the torque from the drive shaft to the substrate 10 and ensures that the substrate 10 does not slip from beneath the carrier head 100 during polishing.

[0038] Referring now to Figure 4, a side perspective view of the carrier head 100 in accordance with an embodiment of the invention is illustrated. The carrier head 100 includes a housing 102, a detachable plate 105, a base 104, a gimbal mechanism 106, a loading mechanism 108, a retaining ring 110, and a substrate backing assembly 112. A more detailed description of a similar carrier head may be found in U.S. Pat. No. 5,957,751, the entire disclosure of which is hereby incorporated by reference.

[0039] The housing 102 is connected to the drive shaft 74 to rotate therewith about an axis of rotation 107, which is substantially perpendicular to the surface of the polishing pad 32. The housing 102 is generally circular in shape to correspond to the circular configuration of the substrate 10 to be polished. The housing 102 includes an annular housing plate 120. A detachable plate 105 is mounted on top of

the housing plate 120 to reduce the vibrations associated with polishing by increasing the inertia of the carrier head 100. The detachable plate 105 has a generally ring-shaped body. The weight of the detachable plate 105 may vary in accordance to the carrier head 100 or the substrate 10. In one embodiment, the detachable plate 105 weighs about 25 pounds. The additional weight provided by the detachable plate 105 allows a wider process operating range for key polishing parameters, such as, head/platen rotation speed, down force, and slurry flow rate.

[0040] The detachable plate 105 may also be easily removed without the assistance of lifting equipment. In one embodiment, the upper surface of the housing plate 120 is shaped so as to conform to the shape of the bottom surface of the detachable plate 105. That is, the housing plate 120 defines a groove 121 (shown in Figure 5) on its upper surface configured to receive the detachable plate 105. In another embodiment, three high spots are defined on the top surface of the housing plate 120 for seating the detachable plate 105. Two holes 123 are defined on the upper surface of the detachable plate 105 for receiving fastening means. The detachable plate 105 may be attached to the housing plate 120 by various fastening means, such as, bolts. The detachable plate 105 may also be formed of any material that provides weight, such as, stainless steel or tungsten. Alternatively, the detachable plate 105 may be coated with a polymer-type material, such as, Halar™ to prevent metal to metal contact, to avoid slurry adhesion, and to provide high surface lubricity. A top perspective view of the detachable plate 105 is illustrated in Figure 5.

[0041] Referring back to Figure 4, the housing 102 further includes a generally cylindrical housing hub 122, which defines an upper hub portion 124 and a lower hub portion 126. The housing plate 120 surrounds the lower hub portion 126. Both the housing plate 120 and the housing hub 122 may be formed of stainless steel or aluminum.

[0042] The base 104 is a generally ring-shaped body located beneath the housing 102, and more specifically, the housing plate 120. The base 104 may be formed of a rigid material such as aluminum, stainless steel or fiber-reinforced plastic.

[0043] The gimbal mechanism 106 permits the base 104 to move with respect to the housing 102 so that the base 104 may remain substantially parallel with the surface of the polishing pad 32. Specifically, the gimbal mechanism 106 permits the base 104 to move vertically, i.e., along the axis of rotation 107, and to pivot, i.e., to rotate about an axis parallel to the surface of the polishing pad 32, with respect to the housing 102. However, the gimbal mechanism 106 prevents the base 104 from moving laterally, i.e., along an axis parallel to the polishing pad 32, with respect to the housing 102. The gimbal mechanism 106 is unloaded; that is, no downward pressure is applied from the housing 102 through the gimbal mechanism 106 to the base 104. However, the gimbal mechanism 106 can transfer any side load, such as the shear force created by the friction between the substrate 10 and polishing pad 32, to the housing 102.

[0044] The gimbal mechanism 106 includes a gimbal rod 180 and a ring 182, which defines an upper gimbal ring portion 183 and a lower gimbal ring portion 181. The upper gimbal ring portion 183 is attached to the housing plate 120 and the lower gimbal ring portion 181. The gimbal rod 180 and the lower gimbal ring portion 181 may be formed of rigid materials, such as stainless steel or aluminum. However, the upper gimbal ring portion 183 may be made of a light material, such as, plastic or fiber-reinforced plastic. Alternately, the upper gimbal ring portion 183 may be formed of a hard plastic, such as DELRIN™, available from Dupont of Wilmington, Delaware, or of a laminate of glass fibers and epoxy resin, such as G10. In one embodiment, the upper gimbal ring portion 183 is made of a material that reduces the energy created when the CMP system reaches resonance frequency. The gimbal mechanism 106 may further include a dampening ring 184 (shown in Figure 6) placed in between the upper gimbal ring portion 183 and the lower gimbal ring portion 181. The dampening ring 184 is configured to dampen the high frequency vibrations induced during polishing. In one embodiment, the dampening ring 184 is a rubber gasket. An exploded perspective view of the gimbal mechanism 106 in accordance with an embodiment of the invention is illustrated in Figure 6. In another aspect, O-rings 198 may be set into recesses in the lower hub portion 126 to provide a seal between the gimbal rod 180 and the lower hub portion 126.

[0045] The loading mechanism 108 is positioned between the housing 102 and

the base 104 to apply a load, i.e., a downward pressure, to the base 104. In this regard, the vertical position of the base 104 relative to the housing 102 is controlled by the loading mechanism 108. As shown in Figure 4, the loading mechanism 108 includes a chamber 200 located between the housing 102 and the gimbal 106.

[0046] The chamber 200 is formed by sealing the lower hub portion 126 to the housing plate 120. The chamber 200 may be sealed by various means known by one of ordinary skill in the art. The chamber 200 may be connected to the pump 93a (see Figure 3) via the fluid line 92a, the rotary coupling 90, the channel 94a in the drive shaft 74, and a passage (not shown) in the housing 102. Fluid or gas, such as air, may be pumped into and out of the chamber 200 to control the load applied to the base 104. If the pump 93a pumps fluid into the chamber 200, the volume of the chamber 200 will increase and the base 104 will be pushed downwardly. On the other hand, if the pump 93a pumps fluid out of chamber 200, the volume of chamber 200 will decrease and base 104 will be pulled upwardly.

[0047] The retaining ring 110 is secured at the outer edge of base 104. The retaining ring 110 is a generally annular ring having a substantially flat bottom surface. When fluid is pumped into the chamber 200 and the base 104 is pushed downwardly, the retaining ring 110 is also pushed downwardly to apply a load to the polishing pad 32. An inner surface 232 of retaining ring 110 defines, in conjunction with mounting surface 274 of flexible membrane 118, a substrate receiving recess 234. The retaining ring 110 prevents the substrate 10 from escaping the receiving recess 234 and transfers the lateral load from the substrate 10 to the base 104. The retaining ring 110 is made of a hard plastic or a ceramic material. In one embodiment, the retaining ring 110 may be secured to the base 104 by, for example, bolts 240 (only one is shown in this cross-sectional view).

[0048] The substrate backing assembly 112 is located below the base 104. The substrate backing assembly 112 includes a support structure 114 and a flexible membrane 118. The flexible membrane 118 connects to and extends beneath the support structure 114 to provide a mounting surface 274 for the substrate 10.

[0049] The support structure 114 includes a support plate 250, which may be a generally disk-shaped rigid member. The support plate 250 may have a generally

planar lower surface 256 and a plurality of apertures 260 extending vertically through the support plate 250 connecting the lower surface 256 to an upper surface 254. The support plate 250 may be formed of aluminum or stainless steel.

[0050] As mentioned above, the lower surface of the flexible membrane 118 provides the mounting surface 274 for the substrate 10. During polishing, the substrate 10 is positioned in the substrate receiving recess 234 with the backside of the substrate 10 positioned against the mounting surface 274. In one embodiment, the flexible membrane 118 is a circular sheet formed of a flexible and elastic material, such as a high-strength silicone rubber. The flexible membrane 118 has a protruding outer edge 270 that fits into a groove 262. The edge of flexible membrane 118 is clamped between the base 104 and the housing plate 120. A small aperture or plurality of apertures may be formed at the approximate center of membrane 118 to sense the presence of the substrate. The apertures may be about one to ten millimeters across.

[0051] The flexible membrane 118 may adjust to a tilted polishing pad 32 without deforming the portion of the membrane 118 near the edge of the substrate 10. Consequently, the load on the substrate 10 will remain uniform even if the polishing pad 32 is tilted with respect to the carrier head 100. The flexible membrane 118 may also deform to match the backside of substrate 10. For example, if the substrate 10 is warped, the flexible membrane 118 will, in effect, conform to the contours of the warped substrate 10. Thus, the load on the substrate 10 will remain uniform even if there are surface irregularities on the backside of the substrate 10.

[0052] While the foregoing is directed to embodiments of the present invention, other and further embodiments of the invention may be devised without departing from the basic scope thereof, and the scope thereof is determined by the claims that follow.

4 Brief Description of Drawings

[0012] So that the manner in which the recited embodiments of the present invention are attained and can be understood in detail, a more particular description

of the invention, briefly summarized above, may be had by reference to the embodiments thereof which are illustrated in the appended drawings.

[0013] It is to be noted, however, that the appended drawings illustrate only typical embodiments of this invention and are therefore not to be considered limiting of its scope, for the invention may admit to other equally effective embodiments.

[0014] Figure 1 is an exploded perspective view of a chemical mechanical polishing apparatus in accordance with an embodiment of the present invention;

[0015] Figure 2 is a schematic top view of a carousel, with the upper housing removed, in accordance with an embodiment of the present invention;

[0016] Figure 3 is partially a cross-sectional view of the carousel of Figure 2 along line 3--3, and partially a schematic diagram of the pressure regulators used by the CMP apparatus, in accordance with an embodiment of the present invention;

[0017] Figure 4 is a side perspective view of a carrier head with a detachable plate and a gimbal mechanism in accordance with an embodiment of the present invention;

[0018] Figure 5 is a top exploded perspective view of the detachable plate in accordance with an embodiment of the present invention; and

[0019] Figure 6 is an exploded perspective view of the gimbal mechanism in accordance with an embodiment of the present invention.

1 Abstract

Embodiments of the present invention are directed to a carrier head for positioning a substrate on a polishing surface. The carrier head includes a housing connectable to a drive shaft to rotate therewith; a base; a detachable plate removably mounted on top of the housing; a gimbal mechanism connecting the housing to the base to permit the base to move with respect to the housing such that the base remains substantially parallel to the polishing surface; and a flexible membrane defining a mounting surface for the substrate.

2 Representative Drawing Fig. 1

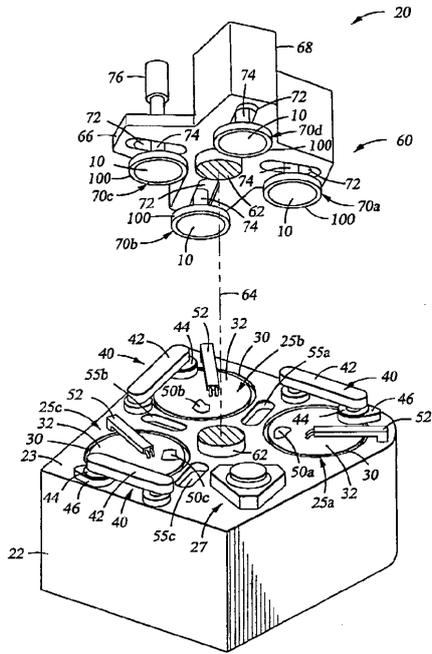


Fig. 1

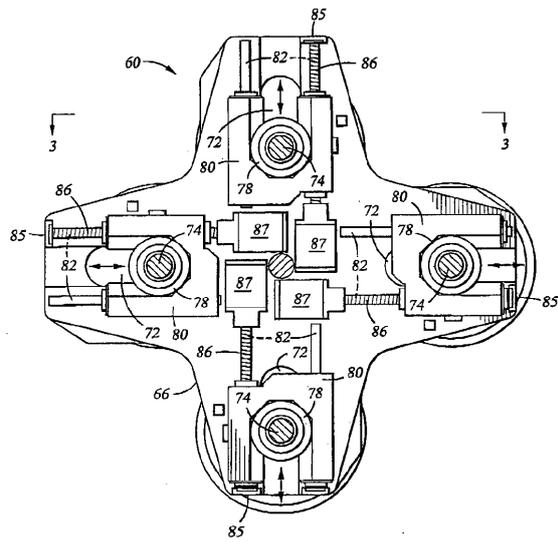


Fig. 2

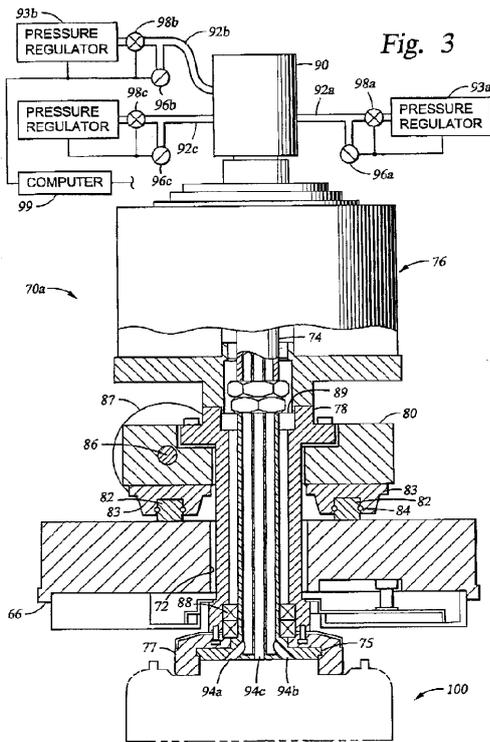


Fig. 3

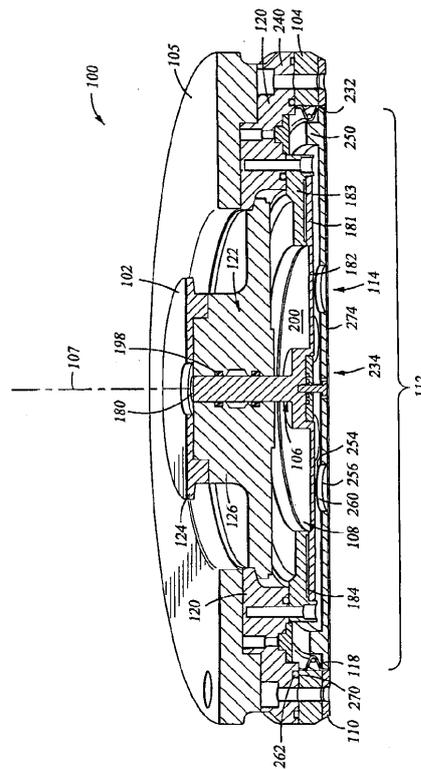


Fig. 4

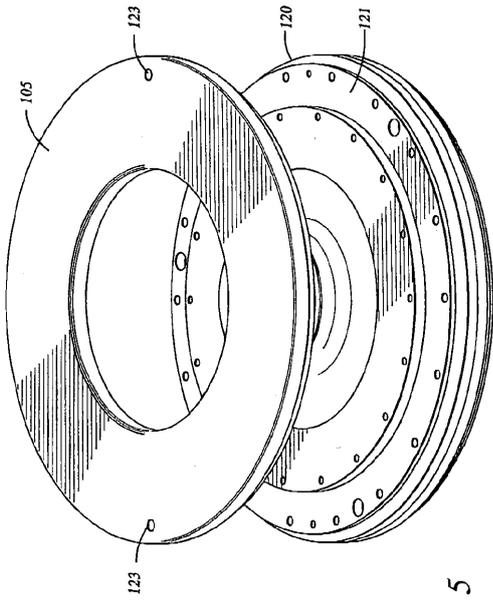


Fig. 5

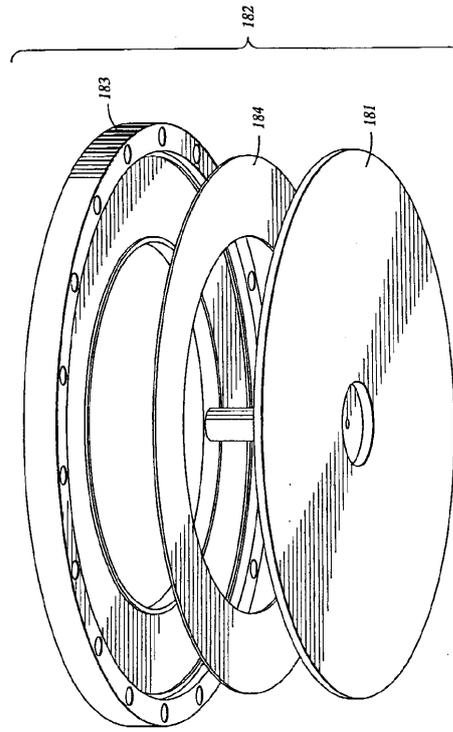


Fig. 6