

(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2006-346856

(P2006-346856A)

(43) 公開日 平成18年12月28日(2006.12.28)

(51) Int.Cl.

**B 2 4 B 37/00 (2006.01)**  
**H 0 1 L 21/304 (2006.01)**

F I

B 2 4 B 37/00 C  
 H 0 1 L 21/304 6 2 2 F

テーマコード (参考)

3 C 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2006-166826 (P2006-166826)  
 (22) 出願日 平成18年6月16日 (2006.6.16)  
 (31) 優先権主張番号 60/691, 321  
 (32) 優先日 平成17年6月16日 (2005.6.16)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. マジックテープ

(71) 出願人 504089426  
 ローム アンド ハース エレクトロニッ  
 ク マテリアルズ シーエムピー ホウル  
 ディングス インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 デラウェア州 1 9 7 1  
 3、ニューアーク、ベルビュー・ロード  
 4 5 1

(74) 代理人 100078662

弁理士 津国 肇

(74) 代理人 100075225

弁理士 篠田 文雄

(74) 代理人 100113653

弁理士 東田 幸四郎

最終頁に続く

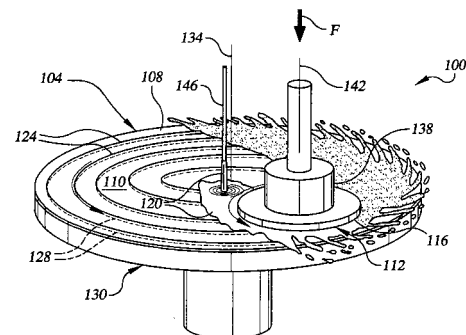
(54) 【発明の名称】 二次研磨媒体容積制御溝を有するケミカルメカニカル研磨パッド

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】パッドの有効寿命を延ばすことができるCMP  
 パッドを提供する。

【解決手段】パッド104は、研磨面110に形成され  
 た複数の一次溝124を有する研磨層108、及び研磨  
 層の摩耗の関数として選択的に活性化される複数の二次  
 溝128を備える。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

a) 研磨媒体の存在で磁性、光学及び半導体基材の少なくとも一つを研磨するために設計された、研磨面を含み、研磨面に対して垂直に延びる厚さを有する研磨層、

b) 研磨面中に位置し、研磨層中に厚さより小さい距離だけ延びる複数の一次研磨溝、及び

c) 研磨層中に位置する複数の二次研磨溝を含み、複数の二次溝が、研磨面から計測して複数の活性化深さを有するものである研磨パッド。

## 【請求項 2】

複数の第二の溝の各溝が複数の第一の溝の対応する各溝と整合している、請求項 1 記載の研磨パッド。

## 【請求項 3】

複数の第二の溝の溝が複数の第一の溝の溝と相互嵌合している、請求項 1 記載の研磨パッド。

## 【請求項 4】

複数の第二の溝のすべての溝が複数の第一の溝のいずれの溝とも交差しない、請求項 1 記載の研磨パッド。

## 【請求項 5】

前記複数の第一の溝が初期研磨媒体容積を有し、研磨層が摩耗して前記複数の第一の溝が初期研磨媒体容積を 50% 減らすと、前記複数の第二の溝の少なくともいくつかは活性化して初期研磨媒体容積の少なくとも 25% を研磨層に提供する、請求項 1 記載の研磨パッド。

## 【請求項 6】

a) 研磨媒体の存在で磁性、光学及び半導体基材の少なくとも一つを研磨するために設計された、第一の側面、第一の側面から離間した第二の側面及び第一の側面と第二の側面との間に延びる厚さを有する研磨層、

b) 第一の側面に形成され、研磨層中に厚さより小さい距離だけ延びる複数の一次研磨溝、

c) 第二の側面に形成され、研磨層中に厚さより小さい距離だけ延びる複数の二次研磨溝

を含み、複数の二次研磨溝が、第一の側面の研磨層の摩耗の関数として活性化されるように設計されているものである研磨パッド。

## 【請求項 7】

複数の第二の溝の各溝が複数の第一の溝の対応する各溝と整合している、請求項 6 記載の研磨パッド。

## 【請求項 8】

複数の第二の溝の溝が複数の第一の溝の溝と相互嵌合している、請求項 6 記載の研磨パッド。

## 【請求項 9】

前記複数の第一の溝が初期研磨媒体容積を有し、研磨層が摩耗して前記複数の第一の溝が初期研磨媒体容積を 50% 減らすと、前記複数の第二の溝の少なくともいくつかは活性化して初期研磨媒体容積の少なくとも 25% を研磨層に提供する、請求項 6 記載の研磨パッド。

## 【請求項 10】

a) 研磨媒体の存在で磁性、光学及び半導体基材の少なくとも一つを研磨するために設計された、第一の表面及び第一の表面から厚さだけ離間した第二の表面を有する研磨層、

b) 第一の表面に形成され、それぞれが研磨層の厚さより小さい深さを有する複数の第一の溝、及び

c) 第二の表面に形成され、それぞれが、研磨層の厚さより小さい、第一の表面からの

10

20

30

40

50

所定の活性化深さを有する複数の第二の溝

を含み、複数の第二の溝のいくつかの所定の活性化深さが、複数の第二の溝の他のものの所定の活性化深さに等しくないものである研磨パッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に研磨の分野に関する。特に、本発明は、二次研磨媒体容積制御溝を有するケミカルメカニカル研磨パッドに関する。

【背景技術】

【0002】

集積回路及び他の電子装置の製造においては、導体、半導体及び絶縁材料の多数の層を半導体ウェーハに付着させたり半導体ウェーハから除去したりする。これらの材料の薄い層は、多数の付着技術によって付着させることができる。最新のウェーハ加工で一般的な付着技術としては、物理蒸着法（PVD）（スパッタリングとも知られる）、化学蒸着法（CVD）、プラズマ増強化学蒸着法（PECVD）及び電気化学的めっき法がある。一般的な除去技術としては、とりわけ、湿式及び乾式の等方性及び異方性エッチングがある。

【0003】

材料層が次々と付着され、エッチングされるにつれ、ウェーハの表面が非平坦になる。後続の半導体加工（たとえばフォトリソグラフィ）はウェーハが平坦面を有することを要するため、ウェーハは定期的に平坦化されなければならない。望ましくない表面トポロジータらびに表面欠陥、たとえば粗面、凝集した材料、結晶格子の損傷、スクラッチ及び汚染された層又は材料を除去するためにはプラナリゼーションが有用である。

【0004】

ケミカルメカニカルプラナリゼーション又はケミカルメカニカルポリッシング（CMP）は、半導体ウェーハ及び他の加工物を平坦化するために使用される一般的な技術である。二軸回転研磨機を使用する従来のCMPでは、ウェーハキャリア又は研磨ヘッドがキャリアアセンブリに取り付けられる。研磨ヘッドがウェーハを保持し、研磨機中で研磨パッドの研磨層と接する状態に配置する。研磨パッドは、平坦化されるウェーハの直径の2倍を超える直径を有する。研磨中、研磨パッド及びウェーハがそれぞれの同心的中心を中心に回転し、その間にウェーハが研磨層と係合する。ウェーハの回転軸は、研磨パッドの回転軸に対し、ウェーハの半径よりも大きい距離だけオフセットして、パッドの回転がパッドの研磨層上に環状の「ウェーハトラック」を描き出すようになっている。ウェーハの唯一の運動が回転である場合、ウェーハトラックの幅はウェーハの直径に等しい。しかし、一部の二軸研磨機では、ウェーハは、その回転軸に対して垂直な平面で振動する。この場合、ウェーハトラックの幅は、振動による変位を考慮する量だけウェーハの直径よりも広くなる。キャリアアセンブリは、ウェーハと研磨パッドとの間に制御可能な圧力を提供する。研磨中、スラリー又は他の研磨媒体を研磨パッド上に流し、ウェーハと研磨層との間の隙間に流し込む。ウェーハ表面は、研磨層及び表面上の研磨媒体の化学的かつ機械的作用によって研磨され、平坦化される。

【0005】

研磨パッド設計を最適化しようとして、CMP中の研磨層、研磨媒体及びウェーハ表面の間の相互活用がますます研究されている。長年にわたる研磨パッド開発の大部分は経験的性質のものであった。研磨面又は研磨層の設計の多くは、スラリー利用度及び研磨均一性を高めると主張される様々なパターンの空隙及び溝構造をこれらの層に設けることを重要視してきた。長年にわたり、多くの異なる溝及び空隙のパターン及び構造が具現化されてきた。従来技術の溝パターンとしては、とりわけ、半径方向、同心円状、デカルト格子状及びらせん状がある。従来技術の溝配置形態としては、すべての溝の幅及び深さが均一である配置形態ならびに溝の幅又は深さが溝ごとに異なる配置形態がある。

【0006】

10

20

30

40

50

一部のパッド設計者が、溝を、パッドの研磨面だけでなく、研磨パッドの反対側の面にも含む研磨パッドを設計したということが注目される。このようなパッドは、たとえば、Sevillaへの米国特許出願公開公報第2004/0259479号に記載されている。Sevillaの出願は、CMPに類似しているが、さらに、被研磨面と陰極との間に電氣的バイアスを印加することによって研磨される基材の表面から導体を除去することを含む、エレクトロケミカルメカニカルポリッシング（ECMP）として知られる加工のための研磨パッドを開示している。一般に、パッドの研磨面の第一のセットの溝は、ECMPのCMP部分のために設けられており、研磨面とは反対の面の第二のセットの溝は、研磨媒体中に存在する電解質の流れをパッド全面で促進する。第一及び第二のセットの溝は、互いに交差するような向きを有しており、個々の溝は、交差するところで互いに流動的に接続するように設計されている。第二のセットの溝はパッドにさらなる溝を提供するが、すべての溝がパッドのまさに最初の使用から活性である。その結果、パッドが摩耗するにつれ、第一及び第二のセットの溝の全体的容積が減少する。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

パッド設計者は多様な溝構造及び配置形態を考案してきたが、従来のCMPパッドは使用中に摩耗するにつれ、パッド上の溝の容積は絶えず減少する。溝容積におけるこの減少は、溝の中及びパッドの研磨面の上の研磨媒体の流体動力学に影響を及ぼす。通常の摩耗における特定のポイントで、研磨媒体の動力学に対する溝容積減少の影響は、研磨がマイナスの影響を受けるほど大きくなることがある。研磨に対する摩耗の影響が受け入れられなくなると、摩耗したパッドを捨てなければならない。その結果、CMPパッドの有効寿命を延ばすことができる特徴を含むCMPパッド設計が要望される。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一つの態様で、a) 研磨媒体の存在で磁性、光学及び半導体基材の少なくとも一つを研磨するために設計された、研磨面を含み、研磨面に対して垂直に延びる厚さを有する研磨層、b) 研磨面中に位置し、研磨層中に厚さより小さい距離だけ延びる複数の一次研磨溝、及びc) 研磨層中に位置する複数の二次研磨溝を含み、複数の二次溝が、研磨面から計測して複数の活性化深さを有するものである研磨パッドが提供される。

30

【0009】

本発明のもう一つの態様で、a) 研磨媒体の存在で磁性、光学及び半導体基材の少なくとも一つを研磨するために設計された、第一の側面、第一の側面から離間した第二の側面及び第一の側面と第二の側面との間に延びる厚さを有する研磨層、b) 第一の側面に形成され、研磨層中に厚さより小さい距離だけ延びる複数の一次研磨溝、及びc) 第二の側面に形成され、研磨層中に厚さより小さい距離だけ延びる複数の二次研磨溝を含み、複数の二次研磨溝が、第一の側面の研磨層の摩耗の関数として活性化されるように設計されているものである研磨パッドが提供される。

【0010】

本発明のさらなる態様で、a) 研磨媒体の存在で磁性、光学及び半導体基材の少なくとも一つを研磨するために設計された、第一の表面及び第一の表面から厚さだけ離間した第二の表面を有する研磨層、b) 第一の表面に形成され、それぞれが研磨層の厚さより小さい深さを有する複数の第一の溝、及びc) 第二の表面に形成され、それぞれが、研磨層の厚さより小さい、第一の表面からの所定の活性化深さを有する複数の第二の溝を含み、複数の第二の溝のいくつかの所定の活性化深さが、複数の第二の溝の他のものの所定の活性化深さに等しくないものである研磨パッドが提供される。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

図面を参照すると、図1は、本発明の研磨パッド104で使用するのに適した二軸ケミカルメカニカルポリッシング（CMP）研磨機100の主な特徴を一般的に示す。研磨パ

50

ッド１０４は一般に、研磨媒体１２０の存在で加工物の被研磨面１１６の研磨を実施するために、物品、たとえばとりわけ半導体ウェーハ１１２（加工済み又は未加工）又は他の加工物、たとえばガラス、フラットパネル表示装置もしくは磁気情報記憶ディスクと対面するための研磨面１１０を有する研磨層１０８を含む。便宜上、以下、総称性を失うことなく「ウェーハ」を使用する。加えて、請求の範囲を含めた本明細書に関して、「研磨媒体」は、粒子含有研磨溶液及び粒子非含有研磨溶液、たとえば無砥粒及び反応性液体研磨溶液を含む。

#### 【００１２】

本発明は一般に、一次溝１２４のセット及び二次溝１２８のセットを研磨層１０８に設けることを含む。一次溝１２４は、研磨面１１０に形成され、研磨パッド１０４の研磨側に露出し、二次溝１２８は、研磨層１０８に対して一定量の摩耗が生じていないいうちは、パッドの研磨側から流動的に隔離されている。二次溝１２８は、研磨中に研磨パッド１０４が摩耗するにつれ、二次溝のいくつかが選択的に活性化されて、摩耗の結果として失われた一次溝１２４の容積が活性化された二次溝１２８のいくつかの容積によって少なくとも部分的に補充されるように設計されている。二次溝１２８は、研磨層１０８の研磨面１１０の非摩耗位置に対する所定の活性化深さで設けることにより、活性化させることができる。すると、研磨層１０８が特定の二次溝１２８の対応する活性化深さまで摩耗すると、その溝が活性化する。すなわち、その溝が研磨面１１０上に露出し、研磨媒体１２０がその溝に流れ込む。二次溝１２８及びそれらの選択的活性化は、後でさらに詳細に説明する。

#### 【００１３】

研磨機１００は、研磨パッド１０４が取り付けられるプラテン１３０を含むことができる。プラテン１３０は、プラテンドライバ（図示せず）によって回転軸１３４を中心に回転可能である。ウェーハ１１２は、プラテン１３０の回転軸１３４に対して平行であり、それから離間している回転軸１４２を中心に回転可能であるウェーハキャリア１３８によって支持することができる。ウェーハキャリア１３８は、ウェーハ１１２が研磨層１０８に対してごくわずかに非平行な向きをとることを許すジンバル式リンク（図示せず）を採用したものでよく、その場合、回転軸１３４、１４２はごくわずかに斜行していてもよい。ウェーハ１１２は、研磨層１０８に面し、研磨中に平坦化される被研磨面１１６を含む。ウェーハキャリア１３８は、ウェーハ１１２を回転させ、研磨中に被研磨面と研磨層との間に所望の圧力が存在するよう下向きの力 $F$ を加えて被研磨面１１６を研磨層１０８に押し当てるように適合されたキャリア支持アセンブリ（図示せず）によって支持することができる。研磨機１００はまた、研磨媒体１２０を研磨層１０８に供給するための研磨媒体導入口１４６を含むことができる。

#### 【００１４】

当業者が理解するように、研磨機１００は、他の部品（図示せず）、たとえばシステム制御装置、研磨媒体貯蔵計量供給システム、加熱システム、すすぎシステムならびに研磨加工の様々な局面を制御するための各種制御系、たとえば、とりわけ（１）ウェーハ１１２及び研磨パッド１０４の一方又は両方の回転速度のための速度制御装置及び選択装置、（２）パッドへの研磨媒体１２０の送出しの速度及び場所を変えるための制御装置及び選択装置、（３）ウェーハと研磨パッドとの間に加えられる力 $F$ の大きさを制御するための制御装置及び選択装置、ならびに（４）パッドの回転軸１３４に対するウェーハの回転軸１４２の場所を制御するための制御装置、作動装置及び選択装置を含むことができる。当業者は、これらの部品を構成し、具現化する方法を理解し、したがって、当業者が本発明を理解し、実施するためのそれらの詳細な説明は不要である。

#### 【００１５】

研磨中、研磨パッド１０４及びウェーハ１１２がそれぞれの回転軸１３４、１４２を中心に回転し、研磨媒体１２０が研磨媒体導入口１４６から回転する研磨パッドの上に小出しされる。研磨媒体１２０は、研磨層１０８上に、ウェーハ１１２及び研磨パッド１０４の下の隙間を含めて延展する。研磨パッド１０４及びウェーハ１１２は通常、 $0.1\text{ rpm}$

～ 1 5 0 rpmの間で選択される速度で回転するが、必ずしもそうである必要はない。力 F は通常、ウェーハ 1 1 2 と研磨パッド 1 0 4 との間に 6 . 9 ～ 1 0 3 kPa ( 0 . 1 ～ 1 5 p si ) の所望の圧力を誘発するように選択される大きさであるが、必ずしもそうである必要はない。

#### 【 0 0 1 6 】

次に図 2 A ～ 2 C を参照して、図 1 の研磨パッド 1 0 4 をさらに詳細に、特に一次溝 1 2 4 及び二次溝 1 2 8 に関して説明する。図 2 B 及び 2 C に示すように、研磨パッド 1 0 4 は、研磨層 1 0 8 及びサブパッド 2 0 0 を含むことができる。サブパッド 2 0 0 は不可欠ではなく、研磨層 1 0 8 を研磨機のプラテン、たとえば図 1 のプラテン 1 3 0 に直接固着してもよいことが理解されよう。研磨層 1 0 8 は、任意の適切な方法で、たとえば感圧接着剤層 2 0 4 又はホットメルト接着剤を使用する接着剤接着、熱接着、化学接着、超音波接着などでサブパッド 2 0 0 に固着することができる。

#### 【 0 0 1 7 】

研磨層 1 0 8 は、任意の適切な材料、たとえばポリカーボネート、ポリスルホン、ナイロン、ポリエーテル、ポリエステル、ポリスチレン、アクリル酸系ポリマー、ポリメチルメタクリレート、ポリ塩化ビニル、ポリフッ化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブタジエン、ポリエチレンイミン、ポリウレタン、ポリエーテルスルホン、ポリアミド、ポリエーテルイミド、ポリケトン、エポキシ樹脂、シリコーン、それらのコポリマー（たとえばポリエーテル - ポリエステルコポリマー）及びそれらの混合物でできていることができる。注入成形研磨パッドの場合、ポリマー材料は、好ましくはポリウレタンであり、もっとも好ましくは架橋ポリウレタン、たとえば Rohm and Haas Electronic Materials CMP Technologies 製の IC1000 ( 商標 ) 及び VisionPad ( 商標 ) 研磨パッドである。これらのパッドは一般に、二官能性又は多官能性イソシアネートから誘導されるポリウレタン、たとえばポリエーテルウレア、ポリイソシアヌレート、ポリウレタン、ポリウレア、ポリウレタンウレア、それらのコポリマー及びそれらの混合物を構成する。凝固によって形成される研磨パッドの場合、好ましくは、多孔性ポリマーとしてはポリウレタンがある。もっとも好ましくは、多孔性研磨パッドは、凝固ポリウレタンマトリックスを有する。もっとも好ましくは、凝固マトリックスは、ポリエーテルウレタンポリマーをポリ塩化ビニルで凝固させることから得られる。当然、当業者は、研磨層 1 0 8 が非ポリマー材料又はポリマーと 1 種以上の非ポリマー材料との複合材、たとえば砥粒固定パッドでできていてもよいことを理解するであろう。

#### 【 0 0 1 8 】

一般に、研磨層 1 0 8 の材料の選択は、特定の材料でできた物品を所望の方法で研磨する場合のその適性によって制限される。同様に、サブパッド 2 0 0 は、任意の適切な材料、たとえば研磨層 1 0 8 に関して上述した材料でできていることができる。研磨パッド 1 0 4 は、場合によっては、パッドを研磨機のプラテン、たとえば図 1 のプラテン 1 3 0 に固着するためのファスナを含むこともできる。ファスナは、たとえば、接着剤層、たとえば感圧接着剤層 2 0 8、機械的ファスナ、たとえばマジックテープのフック側又はループ側であってもよい。

#### 【 0 0 1 9 】

特に図 2 B を参照すると、この図は、図 2 A に示す全部で 1 3 本の一次溝 1 2 4 のうち 7 本 1 2 4 A ～ G を示す。図 2 A に示す溝 1 2 4 の数は、本発明の図解を容易にするために選択したものである。当然、本発明の特徴を取り入れた実際の CMP パッドは通常、1 3 本よりも多い一次溝 1 2 4 を有するが、それよりも少ない溝を有してもよい。図 2 B に示す研磨パッド 1 0 4 は、はじめて使用される直前のパッド、すなわち、研磨層 1 0 8 が研磨からの摩耗を受ける前のパッドを表し、その研磨面 1 1 0 は研磨層 1 0 8 の反対面から最大の距離に位置している。

#### 【 0 0 2 0 】

研磨パッド 1 0 4 のこの特定の実施態様では、一次溝 1 2 4 A ～ G は、互いに同じ幅を有するが、研磨面 1 1 0 から計測して異なる深さを有するように示されている。一次溝 1

10

20

30

40

50

2 4 A 及び 1 2 4 E は、それぞれ第一の深さを有し、溝 1 2 4 B 及び 1 2 4 F は、それぞれ第二の深さを有し、溝 1 2 4 C 及び 1 2 4 G は、それぞれ第三の深さを有し、溝 1 2 4 D は第四の深さを有する。四つの深さは、単に本発明の図解のために示すものである。代替態様では、溝 1 2 4 A (図 2 A) は、四つよりも多い又は少ない異なる深さを有することができる。一つの極端な例では、すべての一次溝 1 2 4 の深さが互いに同じであってもよい。他方の極端な例では、各一次溝 1 2 4 の深さが他の各溝の深さと異なってもよい。

#### 【0021】

一次溝 1 2 4 の深さの選択は、従来の規準、たとえば研磨媒体 (図示せず) の所望の流体動力学を使用して実施することができ、さらには、本発明にしたがって研磨パッド 1 0 4 に可変性溝容積を提供することが考慮される。一次溝 1 2 4 は、均一な幅を有する円形の溝として示されているが、これらの溝は、特定の設計に合わせるために望まれる実質的にいかなる配置形態及び構造、たとえば形状、幅、ピッチ、長さなどを有してもよい。

#### 【0022】

再び図 2 B を具体的に参照すると、二次溝 1 2 8 A ~ G が、対応する各一次溝 1 2 4 A ~ G と整合した状態で示されている。すなわち、各二次溝は、対応する各一次溝とその全長にわたって整合している。この場合、一次及び二次溝 1 2 4 A ~ G、1 2 8 A ~ G は、パッド材料の一部が各一次溝の最下部と各二次溝の最上部との間に存在して、その一次溝からその二次溝までの研磨媒体の流れを阻止するバリヤ 2 1 2 を形成するように形成されている。上述したように、各一次溝 1 2 4 A ~ G は、研磨面 1 1 0 から計測される深さ、この場合は深さ  $D_1 \sim D_4$  の一つを有し、各二次溝 1 2 8 A ~ G は、同じく研磨面から計測される活性化深さ、この場合は活性深さ  $AD_1 \sim AD_4$  の一つを有する。その結果、各バリヤ 2 1 2 の厚さは、それに摩耗が生じる前では、対応する一次溝 1 2 4 A ~ G の深さ D と各二次溝 1 2 8 A ~ G の活性化深さ AD との間の差に等しい。一次溝と二次溝とをわたすバリヤ 2 1 2 の厚さは、同じであってもよいし、溝ごとに特定の設計に合わせるために望まれる方法で異なってもよい。

#### 【0023】

次に図 2 C 及び図 2 B を参照すると、図 2 C は、CMP パッド 1 0 4 が研磨に使用され、研磨層 1 1 0 が元々の位置 2 1 6 から図示する研磨面の摩耗位置 2 2 0 まで磨滅した後の一次及び二次溝 1 2 4 A ~ G、1 2 8 A ~ G の状態を示す。この場合、一次溝 1 2 4 B、1 2 4 D 及び 1 2 4 F が完全に磨滅しており、各一次溝 1 2 4 A 及び 1 2 4 E の約 8 0 % が磨滅し、一次溝 1 2 4 C 及び 1 2 4 G の約 6 0 % が磨滅していることがわかる。加えて、一次及び二次溝 1 2 4 D、1 2 8 D の間のバリヤ 2 1 2 が磨滅して二次溝 1 2 8 D が活性化されている、すなわち今や研磨媒体が二次溝 1 2 8 D に流れ込み、その中を流れることができるようになっている。一次及び二次溝の対 [1 2 4 B、1 2 8 B] 及び [1 2 4 F、1 2 8 F] の間のバリヤ 2 1 2 が約半分まで摩耗しており、溝対 [1 2 4 A、1 2 8 A]、[1 2 4 C、1 2 8 C]、[1 2 4 E、1 2 8 E] 及び [1 2 4 G、1 2 8 G] の間のバリヤはまだ全く摩耗していない。この場合、図 2 C に示すパッド 1 0 4 の部分における溝の研磨媒体容積、すなわち「有効溝容積」は、一次溝 1 2 4 A、1 2 4 C、1 2 4 E 及び 1 2 4 G の残り容積と二次溝 1 2 8 D の残り容積との合計に等しい。パッド 1 0 4 がさらに摩耗すると、他の二次溝 1 2 8 A ~ C、E 及び F が、それらの対応するバリヤが擦り切れると同時に活性化される。

#### 【0024】

個々の一次溝 1 2 4 及び個々の二次溝 1 2 8 の容積ならびに各一次溝の深さ D 及び各二次溝の活性化深さ AD を選択する際には、パッド設計者が考慮することを望むであろういくつかの考察事項がある。たとえば、一つの考察事項は、研磨にマイナスの影響を及ぼすかもしれない局所的条件を減らす又は回避することである。この考察事項に対する対応は、CMP パッド 1 0 4 全体で、一次溝の深さ D 及び容積ならびに二次溝の活性化深さ AD 及び容積を変化させて、研磨に対して最小限の悪影響しか提供しないような方法で容積を分散させることであってもよい (たとえば、研磨される物品のハイドロプレーニングを生じさせる傾向にある、容積が比較的少ない又はない領域を避けるため)。有害な局所的効

10

20

30

40

50

果を減らす一つの方法は、一次及び二次溝 1 2 4、1 2 8 の容積ならびに対応する深さ D 及び活性化深さ A D をランダムに変化させることであってもよい。

【 0 0 2 5 】

パッド設計者が考慮することを望むもう一つの考察事項は、パッドの寿命、すなわちパッドが磨滅する期間の C M P パッド 1 0 4 の有効溝容積である。図 3 がこの概念を示す。図 3 を参照すると、この図は、本発明にしたがって製造された C M P パッド（図示せず）の、パッドの寿命の間の有効溝容積のプロット 3 0 0 及び従来の C M P パッド（図示せず）の、パッドの寿命の間の有効溝容積のプロット 3 1 0 を示す。この例では、本発明の C M P パッドは、一次溝及び図 2 A ~ 2 C に関連して上記で論じた方法で摩耗活性化される二次溝を含むものであった。対照的に、従来のパッドは、本発明パッドの一次溝に類似した従来の溝しか含まないものであった。

10

【 0 0 2 6 】

図 3 から見てとれるように、従来のパッドの有効容積は、パッドが摩耗するにつれ、絶えずかつ相対的に急速に減少する。この例では、従来のパッドの溝は、その元々の深さが元々の厚さの 3 7 % であり、研磨層がその元々の厚さ（1 0 0 %）から元々の厚さの 6 3 % まで摩耗すると、有効溝容積はゼロになった。換言するならば、研磨層の 3 7 % が磨滅したとき、溝は完全に消滅した。このポイントで、研磨層の元々の厚さの 6 3 % が残った。従来のパッドの研磨層が磨滅するとき、どこかのポイントで（たとえば、有効溝容積が元々の容積の 4 0 % になった時点で）、そのポイントでの溝容積の減少が研磨に対し受け入れられる以上にマイナスに影響していたため、パッドは一般に使用不適切になった。4 0 % の有効溝容積で、研磨層の残りの厚さは元々の厚さの約 7 9 % であった。その結果、パッドは、研磨層の約 2 1 % しか磨滅していない時点で捨てなければならなかった。

20

【 0 0 2 7 】

他方、本発明パッドの有効溝容積は、元々の厚さから元々の厚さの約 2 5 % の厚さまでほぼ一定のままであった。この場合、研磨層の 7 5 % が磨滅していたが、パッドはその元々の有効溝容積をなおも実質的に保持していた。パッドが不十分になる同じ 4 0 % 有効溝容積を使用すると、このポイントには、本発明パッドでは、研磨層が元々の厚さの約 1 0 % しか残らなくなるまで到達しなかった。この例は、本発明の C M P パッドの有効寿命が匹敵しうる従来の C M P パッドの有効寿命をはるかに上回ることができ、本発明の C M P パッドが研磨層構成材料を従来のパッドよりも効率的に利用することができることをはっきりと実証する。

30

【 0 0 2 8 】

当業者は、本発明 C M P パッドの有効溝容積プロット 3 1 0 の水平直線部分 3 2 0 が、一次及び二次溝の容積、深さ及び活性化深さを入念に選択して、摩耗が、一次溝の容積の減少を生じさせ、また、二次溝のいくつかを活性化させて、摩耗によって失われた一次溝の容積を本質的に取って代わるようにすることによって達成されるということを容易に理解するであろう。実際には、実際のパッドの有効容積プロットは一般に完全な直線形にはならず、むしろ、対応するバリヤの最後の破片（図 2 B のバリヤ 2 1 2 を参照）が磨滅するとただちに各二次溝の全容積が活性化することにより、少なくともいくつかスパイク状になる。その結果、一つ以上のバリヤが接近し、擦り切れるときに失われるすでに活性化溝の比較的少量の容積の場合、この擦り切れに基づいて活性化する二次溝の全容積が一斉に活性化してプロットにスパイクを生じさせる。ひとたびすべてのバリヤが擦り切れ、二次溝中に蓄え容積が残らなくなると、残る溝の容積は一般に、従来のパッドのプロット 3 0 0 と同様な方法で、むしろ急速に減少する。プロット 3 1 0 の部分 3 3 0 は、すべての二次溝が活性化された後の有効溝容積の減少を示す。

40

【 0 0 2 9 】

本発明にしたがって製造されたパッドの有効溝容積のプロットのうち、最初の二次溝が活性されたときに始まり、最後の二次溝が活性化されたときに終了する部分、たとえばプロット 3 1 0 は、この部分において有効溝容積が二次溝の所定の活性化によって影響されるため、プロットの「制御可能部分」と呼ぶことができる。当業者は、パッド設計者がブ

50



ロットの制御可能部分の有効溝容積プロットの一般的傾向を制御することができることを容易に理解するであろう。すなわち、プロットの制御可能部分は、図3の部分320で示すような水平直線部分を有する必要はなく、それどころか、実質的にいかなる所望の形状を有してもよい。たとえば、一次及び二次溝は、パッドがすべての二次溝が活性されるポイントまで摩耗するとき、対応するプロット（図示せず）の制御可能部分における研磨パッドの有効容積が一般的な減少傾向又は一般的な増大傾向を有するように設計することができる。他の実施態様では、たとえば、一次及び二次溝は、パッドがすべての二次溝が活性されるポイントまで摩耗するとき、有効容積が、はじめ増大し、次いで減少する、又ははじめ減少し、次いで増大するように設計することができる。

#### 【0030】

図4A～4Cは、回転型研磨機、たとえば図1の研磨機100で使用することができる本発明のもう一つのパッド400を示す。一般に、パッド400は、二次溝、この場合は二次溝404が一次溝、この場合は一次溝408と整合していなくてもよいという広い概念を示す。図4A～4Cに示すように、一次及び二次溝404、408は、たとえば、互いに横方向にオフセットしていてもよい。すなわち、各一次溝の中心縦軸412が少なくとも一つの対応する隣接する二次溝の中心縦軸416から離間していてもよい。図4Bは、図4Aに示す32本の一次溝408のうち7本408A～G及び図4Aに示す32本の二次溝404のうち6本404A～Fを示す。図示する一次及び二次溝408、404の形状、サイズ及び数は単に例示的であり、図1及び2A～2Cの一次及び二次溝124、128と同様、一次及び二次溝408、404の形状、サイズ、長さ、幅、ピッチ及び数は、特定の設計に合わせるために望みどおり変更することができる。

#### 【0031】

図4Bは、研磨層420が摩耗をこうむる前のCMPパッド400を示す。この段階では、一次溝408A～Gだけが研磨において活性である。すなわち、パッド400が摩耗していないとき、研磨中に一次溝408A～Gだけが研磨媒体（図示せず）を受け取ることになる。本発明にしたがって、パッド400が摩耗していないとき、二次溝404A～Fは、摩耗のないパッド400の研磨面428の元々の位置424まで延びていないという事実により、研磨媒体から隔離された状態である。

#### 【0032】

対照的に、図4Cは、研磨層420の厚さの約40%が研磨面428の元々の位置424から研磨面の摩耗位置432まで磨滅した後の研磨パッド400を示す。図4Cから容易に見てとれるように、研磨層420が研磨面428の元々の位置424からその摩耗位置432まで摩耗する間、一次溝408B、408D及び408Fは完全に磨滅し、一次溝408A、408C、408E及び408Gは部分的に磨滅し、二次溝404Dが活性化され、部分的に磨滅し、二次溝404A、404B、404C、404E及び404Fはまだ活性化されていない。図2B及び2Cの一次溝124A～Gと同様に、一次溝408A～Gは、特定の設計を達成するのに適した深さDを有することができる。同様に、二次溝128A～Gと同様に、二次溝404A～Fは、特定の設計を達成するのに適した活性化深さADを有することができる。同様に、一次及び二次溝408、404の深さD及び活性化深さADならびに個々の溝容積は、図3に関して上記したような有効溝容積対摩耗のプロットの所望のプロフィールを達成するように選択することができる。

#### 【0033】

図5は、たとえば図2A～Cに関連して上記した研磨層108に関して上記で論じた同じ方法でサブパッド（図示せず）又は直接プラテン（図示せず）に取り付けることができる摩耗のない代替研磨層500を示す。図5の研磨層500は、主に研磨層500の二次溝504が研磨層の背面508まで延びていないが、二次溝128A～G、404A～Gは対応する各研磨層108、420の背面（符号なし）まで延びているという点で、研磨層108（図1及び2A～C）及び420（図4A～C）と異なる。

#### 【0034】

摩耗のない研磨層500の二次溝504は、背面508まで延びていないため、実際に

10

20

30

40

50

は溝ではないことが理解されよう。しかし、研磨層 500 が摩耗してバリヤ 512 が擦り切れて二次溝 504 が活性化されると溝になるため、溝としてのこれらの状態は保証される。二次溝 504 は研磨面 520 の一次溝 516 と整合した状態で示されているが、これが当てはまらなくてもよいことが理解されよう。たとえば、代替態様では、二次溝 504 は、図 4A ~ C に示す一次及び二次溝 408A ~ G、404A ~ G と同様な方法で、一次溝 516 とで相互嵌合していてもよい。一次及び二次溝 516、504 の他の態様、たとえばそれらの配置形態及び構造、たとえば形状、幅、ピッチ、長さ、深さ、高さなどは、特定の設計に合わせるために望まれる実質的にいかなる配置形態及び構造であってもよい。

#### 【0035】

10

研磨層 500 は、数多くの方法のいずれで製造してもよい。たとえば、研磨層 500 は、2枚(以上)のサブ層、たとえば点線 524 によって画定されたサブ層 500A ~ B を互いに接合することによって製造することができる。図示する実施態様では、各一次及び二次溝 516、504 の全部又は一部をサブ層 500A ~ B に形成したのち、サブ層どうしを接合することができる。両方のサブ層 500A ~ B の中に延びる図示する一次及び二次溝 516、504 のいくつかを完全に形成するためには、サブ層を正しく整合させて配置したのち、それらを固く接合しなければならない。サブ層 500A ~ B の接合は、適切な方法で、たとえばとりわけ接着剤接着、化学接着及び熱接着によって実施することができる。

#### 【0036】

20

研磨層 500 を製造する代替方法では、二次溝 504 は、二次溝に相当する空間充填材(図示せず)の周囲に研磨層材料を流し込むことによって形成することができる。ひとたび研磨層材料が硬化すると、空間充填材を、たとえばとりわけ加熱によってたとえば溶融もしくは気化させることにより、又は溶解させることにより、取り除くことができる。ひとたび空間充填材が取り除かれると、研磨層 500 には、二次溝 504 である空隙が残る。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0037】

【図1】本発明で使用するのに適した二軸研磨機の一部の斜視図である。

【図2A】本発明のCMPパッドの平面図である。

30

【図2B】研磨に使用される前の、図2Aの2B - 2B線から見たCMPパッドの拡大断面図である。

【図2C】研磨の結果として研磨層の一部が磨滅した後の、図2Aの2C - 2C線から見たCMPパッドの拡大断面図である。

【図3】従来技術のCMPパッドと比較した本発明のCMPパッドの寿命の間の有効溝容積のプロットである。

【図4A】本発明の代替CMPパッドの平面図である。

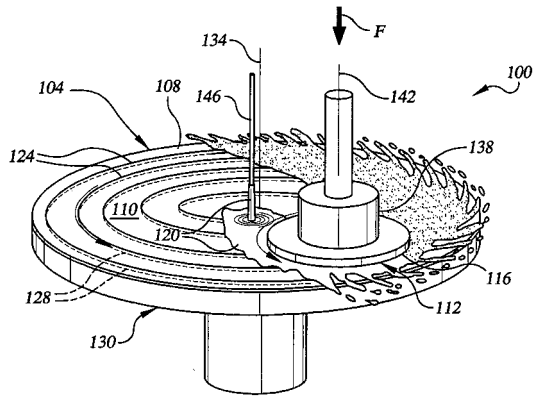
【図4B】研磨に使用される前の、図4Aの4B - 4B線から見たCMPパッドの拡大断面図である。

【図4C】研磨の結果として研磨層の一部が磨滅した後の、図4Aの4C - 4C線から見たCMPパッドの拡大断面図である。

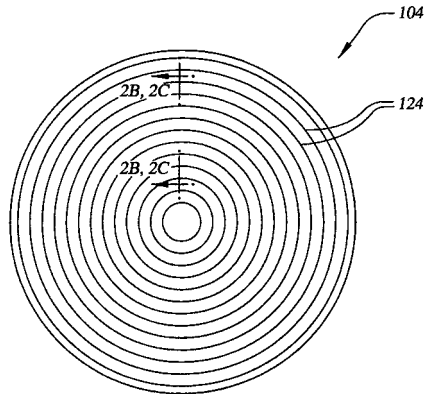
40

【図5】埋め込まれた二次溝を有する研磨層の断面図である。

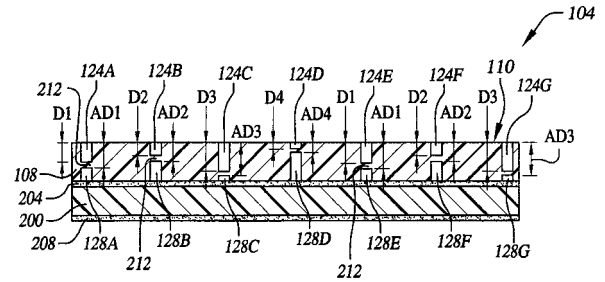
【図 1】



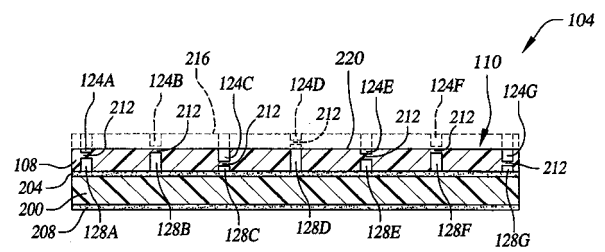
【図 2 A】



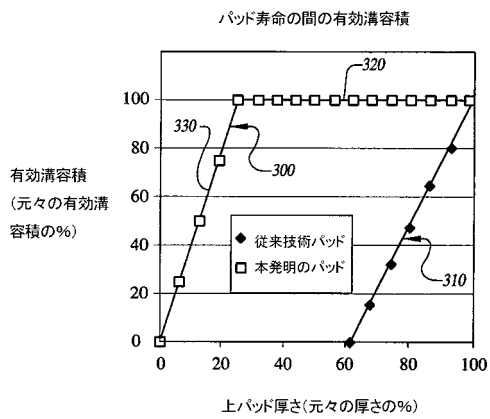
【図 2 B】



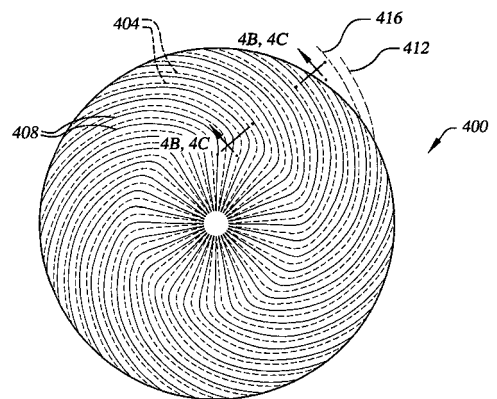
【図 2 C】



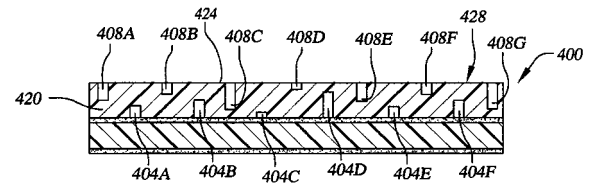
【図 3】



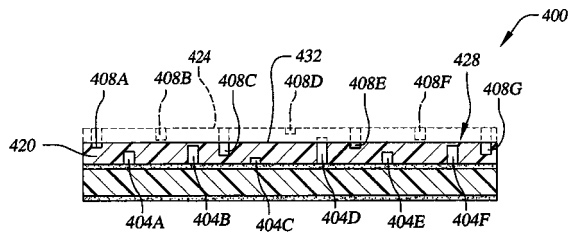
【図 4 A】



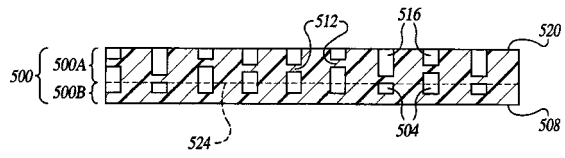
【図 4 B】



【図 4 C】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ジェフリー・ジェイ・ヘンドロン

アメリカ合衆国、メリーランド 21921、エルクトン、ローズ・コート 17

(72)発明者 グレゴリー・ピー・ムルダウニー

アメリカ合衆国、メリーランド 21919、アールヴィル、イースト・ティール・ポイント・ロード 3

Fターム(参考) 3C058 AA07 AA09 CB01 CB03 DA12 DA17

【外国語明細書】

1. Title of the Invention

CHEMICAL MECHANICAL POLISHING PAD HAVING SECONDARY POLISHING  
MEDIUM CAPACITY CONTROL GROOVES

2. Detailed Description of the Invention

## BACKGROUND OF THE INVENTION

The present invention generally relates to the field of polishing. In particular, the present invention is directed to a chemical mechanical polishing pad having secondary polishing medium capacity control grooves.

In the fabrication of integrated circuits and other electronic devices, multiple layers of conducting, semiconducting and dielectric materials are deposited onto and etched from a semiconductor wafer. Thin layers of these materials may be deposited by a number of deposition techniques. Common deposition techniques in modern wafer processing include physical vapor deposition (PVD) (also known as sputtering), chemical vapor deposition (CVD), plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) and electrochemical plating. Common etching techniques include wet and dry isotropic and anisotropic etching, among others.

As layers of materials are sequentially deposited and etched, the surface of the wafer becomes non-planar. Because subsequent semiconductor processing (e.g., photolithography) requires the wafer to have a flat surface, the wafer needs to be periodically planarized. Planarization is useful for removing undesired surface topography as well as surface defects, such as rough surfaces, agglomerated materials, crystal lattice damage, scratches and contaminated layers or materials.

Chemical mechanical planarization, or chemical mechanical polishing (CMP), is a common technique used to planarize semiconductor wafers and other workpieces. In conventional CMP using a dual-axis rotary polisher, a wafer carrier, or polishing head, is mounted on a carrier assembly. The polishing head holds the wafer and positions it in contact with a polishing layer of a polishing pad within the polisher. The polishing pad has a diameter greater than twice the diameter of the wafer being planarized. During polishing, the polishing pad and wafer are rotated about their respective concentric centers while the wafer is engaged with the polishing layer. The rotational axis of the wafer is offset relative to the rotational axis of the polishing pad by a distance greater than the radius of the wafer such that the rotation of the pad sweeps out an annular "wafer track" on the polishing layer of the pad. When the only movement of the wafer is rotational, the width of the wafer track

is equal to the diameter of the wafer. However, in some dual-axis polishers the wafer is oscillated in a plane perpendicular to its axis of rotation. In this case, the width of the wafer track is wider than the diameter of the wafer by an amount that accounts for the displacement due to the oscillation. The carrier assembly provides a controllable pressure between the wafer and polishing pad. During polishing, a slurry, or other polishing medium, is flowed onto the polishing pad and into the gap between the wafer and polishing layer. The wafer surface is polished and made planar by chemical and mechanical action of the polishing layer and polishing medium on the surface.

The interaction among polishing layers, polishing media and wafer surfaces during CMP is being increasingly studied in an effort to optimize polishing pad designs. Most of the polishing pad developments over the years have been empirical in nature. Much of the design of polishing surfaces, or layers, has focused on providing these layers with various patterns of voids and arrangements of grooves that are claimed to enhance slurry utilization and polishing uniformity. Over the years, quite a few different groove and void patterns and arrangements have been implemented. Prior art groove patterns include radial, concentric circular, Cartesian grid and spiral, among others. Prior art groove configurations include configurations wherein the width and depth of all the grooves are uniform among all grooves and configurations wherein the width or depth of the grooves varies from one groove to another.

It is noted that some pad designers have designed polishing pads that include grooves not only in the polishing surface of the pad, but also in a surface opposite the polishing pad. Such pads are described, e.g., in U.S. Patent Application Publication No. US 2004/0259479 to Sevilla. The Sevilla application discloses polishing pads for a process known as electrochemical mechanical polishing (ECMP), which is similar to CMP but also includes removing conductive material from a surface of a substrate being polished by applying an electrical bias between the polished surface and a cathode. Generally, the first set of grooves in the polishing surface of the pad are provided for the CMP portion of ECMP and the second set of grooves in the surface opposite the polishing surface facilitate the flow of an electrolyte present in the polishing medium throughout the pad. The first and second sets of grooves are oriented so that they cross each other and the individual grooves are configured so that they fluidly connect with each other where they cross. While the second set of grooves provides the pad with additional grooves, all of the grooves are active



from the very first use of the pad. Consequently, as the pad wears, the overall volumetric capacity of the first and second sets of grooves decreases.

Although pad designers have devised various groove arrangements and configurations, as a conventional CMP pad wears during use, the volumetric capacity of the grooves on the pad continuously decreases. This decrease in groove capacity affects the fluid dynamics of the polishing medium in the grooves and on the polishing surface of the pad. At some point during normal wear, the effect of the decreased groove capacity on the dynamics of the polishing medium can become so great that polishing is negatively impacted. When the impact of wear on polishing becomes unacceptable, the worn pad must be discarded. Consequently, there is a need for CMP pad designs that include features that can extend the useful life of a CMP pad.

#### STATEMENT OF THE INVENTION

In one aspect of the invention, a polishing pad, comprising: a) a polishing layer configured for polishing at least one of a magnetic, optical and semiconductor substrate in the presence of a polishing medium, the polishing layer including a polishing surface and having a thickness extending perpendicular to the polishing surface; b) a plurality of primary polishing grooves located in the polishing surface and extending into the polishing layer a distance less than the thickness; and c) a plurality of secondary polishing grooves located in the polishing layer, wherein the plurality of secondary grooves have a plurality of activation depths as measured from the polishing surface.

In another aspect of the invention, a polishing pad, comprising: a) a polishing layer configured for polishing at least one of a magnetic, optical and semiconductor substrate in the presence of a polishing medium, the polishing layer including a first side, a second side spaced from the first side, and a thickness extending between the first side and the second side; b) a plurality of primary polishing grooves formed in the first side and extending into the polishing layer a distance less than the thickness; and c) a plurality of secondary polishing grooves formed in the second side and extending into the polishing layer a distance less than the thickness; wherein the plurality of secondary polishing grooves are configured to be activated as a function of wear of the polishing layer on the first side.

In a further aspect of the invention, a polishing pad, comprising: a) a polishing layer configured for polishing at least one of a magnetic, optical and semiconductor substrate in the presence of a polishing medium, the polishing layer having a first surface

and a second surface spaced from the first surface by a thickness; b) a first plurality of grooves, formed in the first surface, each having a depth that is less than the thickness of the polishing layer; and c) a second plurality of grooves, formed in the second surface, each having a predetermined activation depth from the first surface that is less than the thickness of the polishing layer; wherein the predetermined activation depths of some of the second plurality of grooves are not equal to the predetermined activation depths of others of the second plurality of grooves.

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Referring to the drawings, FIG. 1 generally illustrates the primary features of a dual-axis chemical mechanical polishing (CMP) polisher 100 suitable for use with a polishing pad 104 of the present invention. Polishing pad 104 generally includes a polishing layer 108 having a polishing surface 110 for confronting an article, such as semiconductor wafer 112 (processed or unprocessed) or other workpiece, e.g., glass, flat panel display or magnetic information storage disk, among others, so as to effect polishing

of the polished surface 116 of the workpiece in the presence of a polishing medium 120. For the sake of convenience, the term “wafer” is used below without the loss of generality. In addition, as used in this specification, including the claims, the term “polishing medium” includes particle-containing polishing solutions and non-particle-containing solutions, such as abrasive-free and reactive-liquid polishing solutions.

The present invention generally includes providing polishing layer 108 with a set of primary grooves 124 and a set of secondary grooves 128. Primary grooves 124 are formed in polishing surface 110 and are exposed to the polishing side of polishing pad 104 and secondary grooves 128 are initially fluidly isolated from the polishing side of the pad until a certain amount of wear has occurred to polishing layer 108. Secondary grooves 128 are configured so that as polishing pad 104 wears during polishing, ones of the secondary grooves become selectively activated so that the volumetric capacity of primary grooves 124 lost as a result of wear is at least partially made up by the volumetric capacity of the activated ones of secondary grooves 128. Secondary grooves 128 may be activated by providing them at predetermined activation depths relative to the unworn location of polishing surface 110 of polishing layer 108. Then, when polishing layer 108 wears to the corresponding activation depth for a particular secondary groove 128, that groove becomes active, i.e., the groove becomes exposed on polishing surface 110 and polishing medium 120 flows in the groove. Secondary grooves 128 and their selective activation are described below in much greater detail.

Polisher 100 may include a platen 130 on which polishing pad 104 is mounted. Platen 130 is rotatable about a rotational axis 134 by a platen driver (not shown). Wafer 112 may be supported by a wafer carrier 138 that is rotatable about a rotational axis 142 parallel to, and spaced from, rotational axis 134 of platen 130. Wafer carrier 138 may feature a gimbaled linkage (not shown) that allows wafer 112 to assume an aspect very slightly non-parallel to polishing layer 108, in which case rotational axes 134, 142 may be very slightly askew. Wafer 112 includes polished surface 116 that faces polishing layer 108 and is planarized during polishing. Wafer carrier 138 may be supported by a carrier support assembly (not shown) adapted to rotate wafer 112 and provide a downward force  $F$  to press polished surface 116 against polishing layer 108 so that a desired pressure exists between the polished surface and the polishing layer during polishing. Polisher 100 may also

include a polishing medium inlet 146 for supplying polishing medium 120 to polishing layer 108.

As those skilled in the art will appreciate, polisher 100 may include other components (not shown) such as a system controller, polishing medium storage and dispensing system, heating system, rinsing system and various controls for controlling various aspects of the polishing process, such as follows: (1) speed controllers and selectors for one or both of the rotational rates of wafer 112 and polishing pad 104; (2) controllers and selectors for varying the rate and location of delivery of polishing medium 120 to the pad; (3) controllers and selectors for controlling the magnitude of force  $F$  applied between the wafer and polishing pad, and (4) controllers, actuators and selectors for controlling the location of rotational axis 142 of the wafer relative to rotational axis 134 of the pad, among others. Those skilled in the art will understand how these components are constructed and implemented such that a detailed explanation of them is not necessary for those skilled in the art to understand and practice the present invention.

During polishing, polishing pad 104 and wafer 112 are rotated about their respective rotational axes 134, 142 and polishing medium 120 is dispensed from polishing medium inlet 146 onto the rotating polishing pad. Polishing medium 120 spreads out over polishing layer 108, including the gap beneath wafer 112 and polishing pad 104. Polishing pad 104 and wafer 112 are typically, but not necessarily, rotated at selected speeds of 0.1 rpm to 150 rpm. Force  $F$  is typically, but not necessarily, of a magnitude selected to induce a desired pressure of 0.1 psi to 15 psi (6.9 to 103 kPa) between wafer 112 and polishing pad 104.

Referring now to FIGS. 2A-2C, polishing pad 104 of FIG. 1 will be described in more detail, especially relative to primary grooves 124 and secondary grooves 128. As shown in FIGS. 2B and 2C, polishing pad 104 may include polishing layer 108 and a subpad 200. It is noted that subpad 200 is not required and polishing layer 108 may be secured directly to a platen of a polisher, e.g., platen 130 of FIG. 1. Polishing layer 108 may be secured to subpad 200 in any suitable manner, such as adhesive bonding, e.g., using a pressure sensitive adhesive layer 204 or hot-melt adhesive, heat bonding, chemical bonding, ultrasonic bonding, etc.

Polishing layer 108 may be made of any suitable material, such as polycarbonates, polysulfones, nylons, polyethers, polyesters, polystyrenes, acrylic polymers, polymethyl

methacrylates, polyvinylchlorides, polyvinylfluorides, polyethylenes, polypropylenes, polybutadienes, polyethylene imines, polyurethanes, polyether sulfones, polyamides, polyether imides, polyketones, epoxies, silicones, copolymers thereof (such as, polyether-polyester copolymers), and mixtures thereof. For cast and molded polishing pads, the polymeric material is preferably polyurethane; and most preferably it is a cross-linked polyurethane, such as, IC1000™ or VisionPad™ polishing pads manufactured by Rohm and Haas Electronic Materials CMP Technologies. These pads typically constitute polyurethanes derived from difunctional or polyfunctional isocyanates, e.g. polyetherureas, polyisocyanurates, polyurethanes, polyureas, polyurethaneureas, copolymers thereof and mixtures thereof. For polishing pads formed by coagulation, preferably, the porous polymer includes polyurethane. Most preferably, the porous polishing pads have a coagulated polyurethane matrix. The coagulated matrix most preferably arises from coagulating a polyetherurethane polymer with polyvinyl chloride. Of course, as those skilled in the art will appreciate, polishing layer 108 may be made of a non-polymeric material or a composite of a polymer with one or more non-polymeric materials such as a fixed abrasive pad.

In general, the choice of material for polishing layer 108 is limited by its suitability for polishing an article made of a particular material in a desired manner. Similarly, subpad 200 may be made of any suitable material, such as the materials mentioned above for polishing layer 108. Polishing pad 104 may optionally include a fastener for securing the pad to a platen, e.g., platen 130 of FIG. 1, of a polisher. The fastener may be, e.g., an adhesive layer, such as a pressure sensitive adhesive layer 208, a mechanical fastener, such as the hook or loop portion of a hook and loop fastener.

Referring particularly to FIG. 2B, this figure shows seven primary grooves 124A-G of the thirteen total primary grooves 124 illustrated in FIG. 2A. The number of grooves 124 shown in FIGS. 2A was selected for the ease of illustrating the present invention. Of course, an actual CMP pad incorporating features of the present invention will typically have more than thirteen primary grooves 124, but may also have fewer. It is noted that polishing pad 104 as shown in FIG. 2B represents the pad immediately prior to being used for the first time, i.e., before polishing layer 108 has experienced any wear from polishing and polishing surface 110 is located at its greatest distance from the opposing surface of polishing layer 108.

In this particular embodiment of polishing pad 104, primary grooves 124A-G are shown as having the same widths as one another but having four different depths as measured from polishing surface 110. Primary grooves 124A and 124E each have a first depth, grooves 124B and 124F each have a second depth, grooves 124C and 124G each have a third depth and groove 124D has a fourth depth. Four depths are shown merely for illustration of the present invention. In alternative embodiments, grooves 124 (FIG. 2A) may have more or fewer than four different depths. At one extreme, the depths of all primary grooves 124 may be the same as one another. At the other extreme, the depth of each primary groove 124 may be different from the depth of each other groove.

The selection of groove depth for primary grooves 124 may be made using conventional criteria, e.g., desired fluid dynamics of a polishing medium (not shown), with further consideration given to providing polishing pad 104 with a variable volumetric groove capacity in accordance with the present invention. While primary grooves 124 are shown as being circular grooves having uniform widths, these grooves may have virtually any configuration and arrangement, e.g., shape, width, pitch, length, etc., desired to suit a particular design.

Referring again particularly to FIG. 2B, secondary grooves 128A-G are shown as being in registration with corresponding respective primary grooves 124A-G, i.e., each secondary groove is aligned with a corresponding respective primary groove along its entire length. In this case, primary and secondary grooves 124A-G, 128A-G are formed so that a portion of pad material is present between the bottom of each primary groove and the top of each secondary groove so as to form a barrier 212 that inhibits flow of a polishing medium from that primary groove to that secondary groove. As mentioned above, each primary groove 124A-G has a depth as measured from polishing surface 110, in this case one of depths  $D_1$ - $D_4$ , and each secondary groove 128A-G has an activation depth as also measured from the polishing surface, in this case one of activation depths  $AD_1$ - $AD_4$ . Consequently, the thickness of each barrier 212 before any wear occurs thereto is equal to the difference between the depth  $D$  of the corresponding primary groove 124A-G and the activation depth  $AD$  of the respective secondary groove 128A-G. The thickness of barriers 212 across primary and secondary grooves may be the same or may vary among the grooves in any manner desired to suit a particular design.

Referring now to FIG. 2C, and also to FIG. 2B, FIG. 2C illustrates the state of primary and secondary grooves 124A-G, 128A-G after CMP pad 104 has been used for polishing and polishing layer 110 has been worn down from the original location 216 to the worn location 220 of the polishing surface shown. In this instance, it is seen that primary grooves 124B, 124D and 124F have been completely worn away, about 80% of each of primary grooves 124A and 124E have been worn away and about 60% of primary grooves 124C and 124G have been worn away. In addition, barrier 212 between primary and secondary grooves 124D, 128D has been worn away so that secondary groove 128D has been activated, i.e., the polishing medium can now flow into and within secondary groove 128D. Barriers 212 between pairs of primary and secondary grooves [124B, 128B] and [124F, 128F] have been worn about halfway through and the barriers between groove pairs [124A, 128A], [124C, 128C], [124E, 128E] and [124G, 128G] have not yet been worn at all. In this case, the volumetric polishing medium capacity of the grooves in the portion of pad 104 illustrated in FIG. 2C, i.e., the “effective groove capacity,” is equal to the sum of the remaining volumetric capacities of primary grooves 124A, 124C, 124E and 124G and the remaining volumetric capacity of secondary groove 128D. As pad 104 wears further, others of secondary grooves 128A-C, E and F will become activated when their corresponding barriers 212 are worn through.

In selecting the volumetric capacities of individual primary grooves 124 and individual secondary grooves 128, as well as depth D of each primary groove and activation depth AD of each secondary groove, there are several considerations that a pad designer would likely want to consider. For example, one consideration is to reduce or avoid any localized conditions that may negatively impact polishing. A response to this consideration may be to vary the depths D and volumetric capacities of the primary grooves and the activation depths AD and volumetric capacities of the secondary grooves across CMP pad 104 so as to distribute the volumetric capacity in a manner that provides the least detriment to polishing (e.g., so as to avoid regions of relatively little or no volumetric capacity that would tend to cause hydroplaning of the item being polished). One way to reduce detrimental localized effects may be to randomly vary the volumetric capacities of primary and secondary grooves 124, 128 and corresponding depths D and activation depths AD.

Another consideration a pad designer may desire to consider is the effective groove capacity of CMP pad 104 over the life of the pad, i.e., over the time the pad is being worn away. FIG. 3 illustrates this concept. Referring to FIG. 3, this figure shows a plot 300 of the effective groove capacity of a CMP pad (not shown) made in accordance with the present invention over the life of the pad and a plot 310 of the effective groove capacity of a conventional CMP pad (not shown) over the life of the pad. In this example, the inventive CMP pad included primary grooves and secondary wear-activated grooves in the manner discussed above in connection with FIGS. 2A-2C. In contrast, the conventional pad contained only conventional grooves that were similar to the primary grooves of the inventive pad.

As can be seen from FIG. 3, the effective groove volume of the conventional pad decreases continuously and relatively rapidly as the pad wears. In this example, the grooves of the conventional pad had an original depth of 37% of the original thickness so that when the polishing layer wore from its original (100%) thickness to 63% of the original thickness, the effective groove volume became zero. In other words, when 37% of the polishing layer wore away, the grooves were completely gone. At this point, 63% of the original thickness of the polishing layer remained. As the polishing layer of the conventional pad wore down, at some point (say, e.g., when the effective groove volume became 40% of the original capacity), the pad generally became unsuitable for use because the reduced groove volume at this point was negatively affecting polishing more than acceptable. At an effective groove volume of 40%, the remaining thickness of the polishing layer was about 79% of the original thickness. Consequently, the pad needed to be discarded after only about 21% of the polishing layer was worn away.

The effective groove volume of the inventive pad, on the other hand, generally stayed constant from the original thickness down to a thickness of about 25% of the original thickness. In this case, 75% of the polishing layer had been worn away, but the pad substantially still retained its original effective groove volume. Using the same 40% effective groove volume at which the pad became unsatisfactory, this point was not reached in the inventive pad until the polishing layer had only about 10% of the original thickness remaining. This example clearly illustrates that the useful life of a CMP pad of the present invention can far outlast the useful life of a comparable conventional CMP pad and that a



CMP pad of the present invention can make more efficient use of the material(s) that make up the polishing layer than a conventional pad.

As those skilled in the art will readily appreciate, the horizontally linear portion 320 of effective groove volume plot 310 of the inventive CMP pad is achieved by carefully selecting the volumetric capacities, depths and activation depths of the primary and secondary grooves so that as wear causes a decrease in the volumetric capacity of the primary grooves, the wear also causes ones of the secondary grooves to become activated to, essentially, replace the volumetric capacity of the primary grooves lost to the wear. In practice, an effective volume plot for an actual pad will generally not be perfectly linear, but rather will be at least somewhat spiky due to the entire volumetric capacity of each secondary groove becoming active as soon as the last bit of the corresponding barrier (see barriers 212 of FIG. 2B) becomes worn away. Consequently, for the relatively small amount of volumetric capacity of the already-active grooves lost as one or more barriers closely approach and become worn through, all of the volumetric capacity of the secondary groove(s) becoming active based on this wear-through will become activated at once so as to cause a spike in the plot. Once all of the barriers have been worn through and no reserve volumetric capacity remains in the secondary grooves, the volumetric capacity of the remaining grooves will generally decrease rather rapidly in a manner similar to plot 300 of the conventional pad. Portion 330 of plot 310 illustrates the decrease in effective groove volume after all of the secondary grooves have been activated.

The portion of a plot, such as plot 310, of the effective groove volume of a pad made in accordance with the present invention that begins when the first secondary groove is activated and ends when the last secondary groove is activated may be referred to as the “controllable portion” of the plot, since it is within this portion that the effective groove volume is affected by the predetermined activation of the secondary grooves. Those skilled in the art will readily appreciate that a pad designer can control the general trend of the effective groove volume plot in the controllable portion of the plot. That is, the controllable portion of the plot need not have a horizontal linear portion as illustrated at portion 320 of FIG. 3, but rather the controllable portion may have virtually any shape desired. For example, the primary and secondary grooves can be configured so that the effective groove volume of the polishing pad in the controllable portion of the corresponding plot (not shown) has a general decreasing trend as the pad wears to the point where all secondary

grooves have been activated or, alternatively, a general increasing trend as the pad wears to the point where all secondary grooves have been activated. In other embodiments, e.g., the primary and secondary grooves can be configured so that the effective groove volume first increases and then decreases, or first decreases and then increases, as the pad wears to the point where all secondary grooves have been activated.

FIGS. 4A-4C show another pad 400 of the present invention that may be used with a rotary-type polisher, such as polisher 100 of FIG. 1. In general, pad 400 illustrates the broad concept that the secondary grooves, in this case secondary grooves 404, need not be in registration with the primary grooves, in this case primary grooves 408. As shown in FIGS. 4A-4C, primary and secondary grooves 404, 408 may, e.g., be laterally offset from one another, i.e., the central longitudinal axis 412 of each primary groove may be spaced from the central longitudinal axis 416 of at least one corresponding immediately adjacent secondary groove. FIG. 4B shows seven primary grooves 408A-G of the thirty-two primary grooves 408 shown in FIG. 4A and six secondary grooves 404A-F of the thirty-two secondary grooves 404 shown in FIG. 4A. It is noted that the shapes, sizes and numbers of primary and secondary grooves 408, 404 shown are merely exemplary, and like primary and secondary grooves 124, 128 of FIGS. 1 and 2A-2C, the shape, size, length, width, pitch and number of primary and secondary grooves 408, 404 may be changed as desired to suit a particular design.

FIG. 4B shows CMP pad 400 before the polishing layer 420 has incurred any wear. At this stage, only primary grooves 408A-G would be active in polishing. That is, when pad 400 is unworn, only primary grooves 408A-G would receive any polishing medium (not shown) during polishing. In accordance with the present invention when pad 400 is unworn, secondary grooves 404A-F would remain isolated from the polishing medium due to the fact that they do not extend to the original location 424 of the polishing surface 428 of the unworn pad 400.

In contrast, FIG. 4C shows polishing pad 400 after about 40% of the thickness of polishing layer 420 has been worn away from original location 424 of polishing surface 428 to worn location 432 of the polishing surface. As can be readily seen from FIG. 4C, during the wearing of polishing layer 420 from original location 424 of polishing surface 428 to its worn location 432, primary grooves 408B, 408D and 408F were completely worn away, primary grooves 408A, 408C, 408E and 408G were partially worn away, secondary

groove 404D was activated and partially worn away and secondary grooves 404A, 404B, 404C, 404E and 404F were not yet activated. As with primary grooves 124A-G of FIGS. 2B and 2C, primary grooves 408A-G may have any depths D' suitable to achieve a particular design. Similarly, like secondary grooves 128A-G, secondary grooves 404A-F may have any activation depths AD' suitable to achieve a particular design. Likewise, depths D' and activation depths AD', as well as individual groove capacities of primary and secondary grooves 408, 404, may be selected to achieve a desired profile of the plot of the effective groove volume versus wear as described above relative to FIG. 3.

FIG. 5 illustrates an alternative unworn polishing layer 500 that may be attached to a subpad (not shown) or, alternatively, directly to a platen (not shown) in, e.g., the same manner discussed above relative to polishing layer 108 described above in connection with FIGS. 2A-C. Polishing layer 500 of FIG. 5 differs from polishing layers 108 (FIGS. 1 and 2A-C) and 420 (FIGS. 4A-C) primarily in that the secondary grooves 504 of polishing layer 500 do not extend to the backside surface 508 of the polishing layer, whereas secondary grooves 128A-G, 404A-G extend to the backside surfaces (not labeled) of the corresponding respective polishing layers 108, 420.

It is realized that secondary grooves 504 of unworn polishing layer 500 are, in fact, not grooves since they do not extend to backside surface 508. However, their status as grooves is warranted because they will become grooves when polishing layer 500 becomes so worn that barriers 512 become worn away so that secondary grooves 504 become activated. It is noted that while secondary grooves 504 are shown as being in registration with the primary grooves 516 in polishing surface 520, this need not be the case. For example, in alternative embodiments secondary grooves 504 may be interdigitated with primary grooves 516 in a manner similar to primary and secondary grooves 408A-G, 404A-G shown in FIGS. 4A-C. Other aspects of primary and secondary grooves 516, 504, such as their configuration and arrangement, e.g., shape, width, pitch, length, depth, height, etc., may be virtually any configuration and arrangement desired to suit a particular design.

Polishing layer 500 may be fabricated in any of a number of ways. For example, polishing layer 500 may be made by joining with one another two (or more) sub-layers, e.g., sub-layers 500A-B delineated by dashed line 524. In the embodiment illustrated, all or portions of each primary and secondary groove 516, 504 may be formed in sub-layers 500A-B prior to the sub-layers being joined. In order to completely form some of primary

and secondary grooves 516, 504 shown that extend into both sub-layers 500A-B, the sub-layers must be placed in proper registration prior to fixedly joining them together. The joining of sub-layers 500A-B may be performed in any suitable manner, such as by adhesive bonding, chemical bonding and heat bonding, among others.

In an alternative method of fabricating polishing layer 500, secondary grooves 504 may be formed by casting polishing layer material around a space-filler (not shown) corresponding to the secondary grooves. Once the polishing layer material has set, cured, or otherwise hardened, the space-filler may be removed, such as by applying heat, e.g., to melt or vaporize the space-filler, or by dissolving the space-filler, among other methods. Once the space-filler has been removed, polishing layer 500 will be left with voids that are secondary grooves 504.

### 3. Brief Description of Drawings

FIG. 1 is a perspective view of a portion of a dual-axis polisher suitable for use with the present invention;

FIG. 2A is a plan view of a CMP pad of the present invention; FIG. 2B is an enlarged cross-sectional view of the CMP pad as taken along line 2B-2B of FIG. 2A prior to being used for polishing; FIG. 2C is an enlarged cross-sectional view of the CMP pad as taken along line 2C-2C of FIG. 2A after a portion of the polishing layer has been worn away as a result of polishing;

FIG. 3 is a plot of effective groove capacity over the life of a CMP pad of the present invention as compared to a prior art CMP pad;

FIG. 4A is a plan view of an alternative CMP pad of the present invention; FIG. 4B is an enlarged cross-sectional view of the CMP pad as taken along line 4B-4B of FIG. 4A prior to being used for polishing; FIG. 4C is an enlarged cross-sectional view of the CMP pad as taken along line 4C-4C of FIG. 4A after a portion of the polishing layer has been worn away as a result of polishing; and

FIG. 5 is a cross-sectional view of a polishing layer having secondary grooves buried within the polishing layer.

### 1. Claims

1. A polishing pad, comprising:
  - a) a polishing layer configured for polishing at least one of a magnetic, optical and semiconductor substrate in the presence of a polishing medium, the polishing layer including a polishing surface and having a thickness extending perpendicular to the polishing surface;
  - b) a plurality of primary polishing grooves located in the polishing surface and extending into the polishing layer a distance less than the thickness; and
  - c) a plurality of secondary polishing grooves located in the polishing layer, wherein the plurality of secondary grooves have a plurality of activation depths as measured from the polishing surface.
2. The polishing pad according to claim 1, wherein the each groove of the second plurality of grooves is in registration with a corresponding respective groove of the first plurality of grooves.
3. The polishing pad according to claim 1, wherein grooves of the second plurality of grooves are interdigitated with grooves of the first plurality of grooves.
4. The polishing pad according to claim 1, wherein all grooves in the second plurality of grooves do not cross any groove of the first plurality of grooves.
5. The polishing pad according to claim 1, wherein said first plurality of grooves has an initial polishing medium capacity and, when the polishing layer is worn so that said first plurality of grooves has a reduced capacity of 50% of the initial polishing medium capacity, at least some of said second plurality of grooves are active so as to provide the polishing layer at least 25% of the initial polishing medium capacity.
6. A polishing pad, comprising:
  - a) a polishing layer configured for polishing at least one of a magnetic, optical and semiconductor substrate in the presence of a polishing medium, the polishing layer including a first side, a second side spaced from the first side, and a thickness extending between the first side and the second side;

- b) a plurality of primary polishing grooves formed in the first side and extending into the polishing layer a distance less than the thickness;
  - c) a plurality of secondary polishing grooves formed in the second side and extending into the polishing layer a distance less than the thickness; and wherein the plurality of secondary polishing grooves are configured to be activated as a function of wear of the polishing layer on the first side.
7. The polishing pad according to claim 6, wherein the each groove of the second plurality of grooves is in registration with a corresponding respective groove of the first plurality of grooves.
8. The polishing pad according to claim 6, wherein grooves of the second plurality of grooves are interdigitated with grooves of the first plurality of grooves.
9. The polishing pad according to claim 6, wherein said first plurality of grooves has an initial polishing medium capacity and, when the polishing layer is worn so that said first plurality of grooves has a reduced capacity of 50% of the initial polishing medium capacity, at least some of said second plurality of grooves are active so as to provide the polishing layer at least 25% of the initial polishing medium capacity.
10. A polishing pad, comprising:
- a) a polishing layer configured for polishing at least one of a magnetic, optical and semiconductor substrate in the presence of a polishing medium, the polishing layer having a first surface and a second surface spaced from the first surface by a thickness;
  - b) a first plurality of grooves, formed in the first surface, each having a depth that is less than the thickness of the polishing layer; and
  - c) a second plurality of grooves, formed in the second surface, each having a predetermined activation depth from the first surface that is less than the thickness of the polishing layer;
- wherein the predetermined activation depths of some of the second plurality of grooves are not equal to the predetermined activation depths of others of the second plurality of grooves.

A chemical mechanical polishing pad (104, 400) that includes a polishing layer (108, 420, 500) having a set of primary grooves (124, 408, 516) formed in a polishing surface (110, 428, 520) of the pad. The pad also includes a set of secondary grooves (128, 404, 504) that become selectively active as a function of the wear of the polishing layer from polishing.

## 2. Representative Drawing

None

Fig. 1

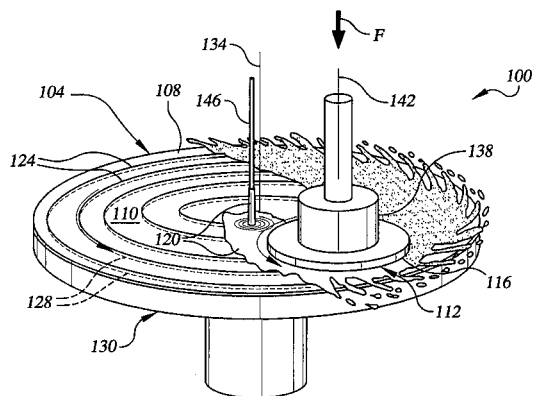


Fig. 2A

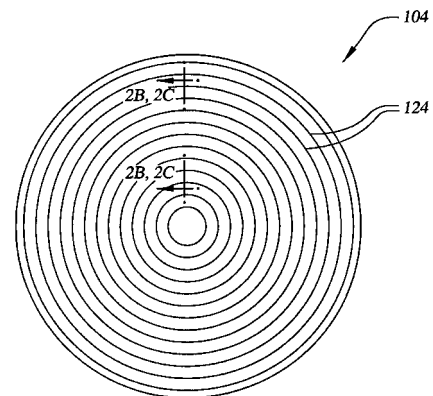


Fig. 2B

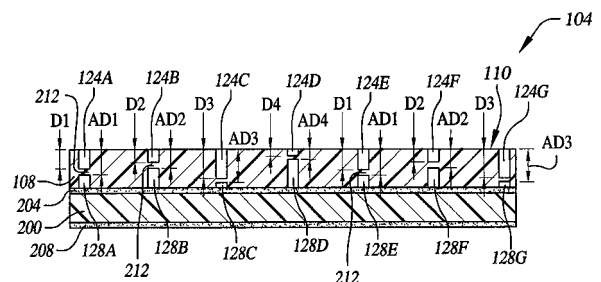


Fig. 2C

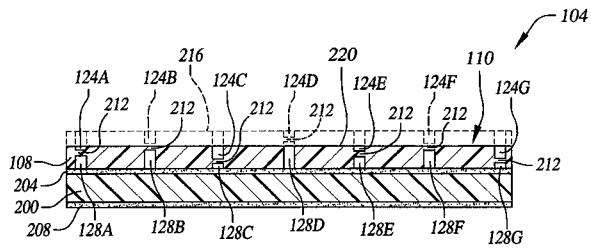


Fig. 4A

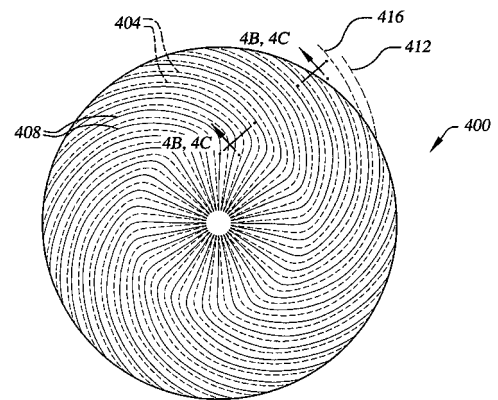


Fig. 3

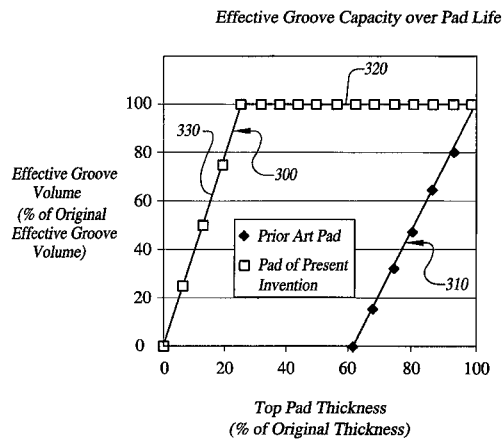


Fig. 4B

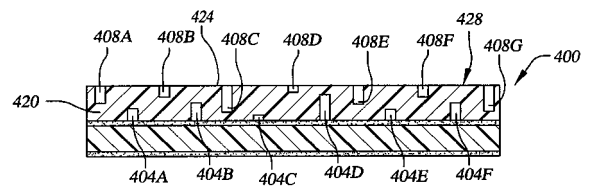


Fig. 4C

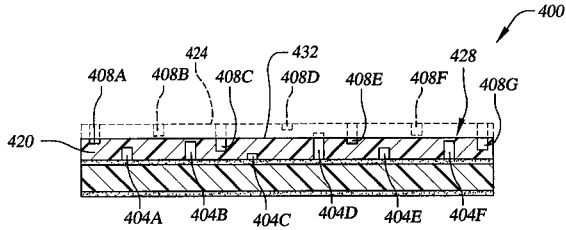


Fig. 5

