

(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2007-301715

(P2007-301715A)

(43) 公開日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 4 B 37/00 (2006.01)	B 2 4 B 37/00 C	3 C 0 5 8
C 0 8 J 9/24 (2006.01)	C 0 8 J 9/24 C E R	4 F 0 7 4
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	C 0 8 J 9/24 C E Z	
	H 0 1 L 21/304 6 2 2 F	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2007-100014 (P2007-100014)	(71) 出願人	504089426
(22) 出願日	平成19年4月6日(2007.4.6)		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
(31) 優先権主張番号	11/400, 401		アメリカ合衆国 デラウェア州 1 9 7 1 3、ニューアーク、ベルヴュー・ロード 4 5 1
(32) 優先日	平成18年4月6日(2006.4.6)	(74) 代理人	100078662
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 津国 肇
		(74) 代理人	100113653
			弁理士 東田 幸四郎
		(74) 代理人	100116919
			弁理士 齋藤 房幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー焼結を用いたケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドの形成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】多孔性ケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドの製造方法を提供。

【解決手段】引き込み可能な表面を引き込ませて焼結室を形成する工程、およびディスベンサーを介して平均粒径が5～500ミクロンの熱可塑性粒子を焼結室に分配する工程を含む。この方法は、レーザーからのレーザービームを熱可塑性粒子上に集束させる工程、およびレーザービームで熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程をさらに含む研磨パッドの形成方法。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多孔性ケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドの製造方法であって、引き込み可能な表面を引き込ませて焼結室を形成する工程；
 ディスペンサーを介して熱可塑性粒子を焼結室の中に分配する工程；
 レーザーからのレーザービームを熱可塑性粒子上に集束させる工程；および
 レーザービームで、熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程を含む方法。

【請求項 2】

焼結される熱可塑性粒子が、5 ~ 500 ミクロンの平均粒子サイズを有する、請求項 1 記載の方法。 10

【請求項 3】

粒子が、ウレタン、カーボネート、アミド、スルホン、塩化ビニル、アクリレート、メタクリレート、ビニルアルコール、エステル、およびアクリルアミドから選択される熱可塑性を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

研磨パッドが、約 10 ~ 50 % の多孔度を有する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

研磨パッドが、約 0.3 g/cm³ ~ 約 1.5 g/cm³ の密度を有する、請求項 1 記載の方法

20

【請求項 6】

多孔性ケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドの製造方法であって、引き込み可能な表面を引き込ませて第 1 焼結室を形成する工程；
 ディスペンサーを介して第 1 熱可塑性粒子を第 1 焼結室に分配する工程；
 レーザーからのレーザービームを第 1 熱可塑性粒子上に集束させる工程；
 レーザービームで第 1 熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程；
 引き込み可能な表面を引き込ませて第 2 焼結室を形成する工程；
 ディスペンサーを介して第 2 熱可塑性粒子を第 2 焼結室の中に分配する工程；
 レーザーからのレーザービームを第 2 熱可塑性粒子上に集束させる工程；および
 レーザービームで第 2 熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程を含む方法。

30

【請求項 7】

少なくとも 10 重量 % の粒子が、ポリウレタンを含む、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

(チェック：A と B と が正しいかどうか)

粒子が、ポリウレタンを含有する粒子と、ポリエチレン、ポリプロピレン、ナイロン、ポリエステル、およびこれらの組み合わせからなる群より選択される物質を含有する粒子との混合物を含む、請求項 6 記載の方法。

【請求項 9】

混合物が、ポリウレタン、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリアクリレート、メタクリレート、アクリレート、ポリスルホン、ポリエステル、ポリオレフィン、ならびにこれらの混合物およびコポリマーからなる群より選択される熱可塑性ポリマーを含む、請求項 6 記載の研磨パッド。 40

【請求項 10】

多孔性ケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドの製造方法であって、引き込み可能な表面を引き込ませて第 1 焼結室を形成する工程；
 ディスペンサーを介して熱可塑性粒子を第 1 焼結室に分配する工程；
 レーザーからのレーザービームを熱可塑性粒子に集束させる工程；
 レーザービームで熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程；
 引き込み可能な表面を引き込ませて第 2 焼結室を形成する工程；

50

ディスペンサーを介して熱可塑性粒子を第2焼結室に分配する工程；
 レーザーからのレーザービームを熱可塑性粒子に集束させる工程；および
 レーザービームで熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程
 を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ケミカルメカニカルプラナリゼーション（CMP）に使用される研磨パッドを形成するための方法、特にレーザー焼結を用いて研磨パッドを形成するための方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

集積回路およびその他の電子デバイスの製造において、導体、半導体、および絶縁材料の複数層が半導体ウェーハの表面に堆積され、又は、その表面から除去される。導体、半導体、および絶縁材料の薄い層は、多数の堆積技術によって堆積させることができる。現在の加工における一般的な堆積技術としては、スパッタリングとしても知られている物理蒸着法（PVD）、化学蒸着法（CVD）、プラズマ増強化学蒸着法（PECVD）、および電気化学めっき法（ECM）がある。

【0003】

材料の層が順次堆積および除去されるにつれて、基板の一番上の表面がその全体にわたって平坦でなくなり、平坦化が必要になることがある。表面の平坦化、すなわち表面の「研磨」は、ウェーハの表面から材料を除去して概ね滑らかで平坦な表面を形成するプロセスである。平坦化は、粗面、凝集した材料、結晶格子の損傷、スクラッチ、および汚染された層または材料といった、不都合な表面形状および表面欠陥を除去するのに有用である。また、平坦化は、形態の充填に用いられた余分に堆積された材料を除去することにより基板上に形態を形成することや、後続のメタライゼーションおよび加工のレベルのために平らな表面を提供するのに有用である。

20

【0004】

ケミカルメカニカルプラナリゼーション、すなわちケミカルメカニカルポリッシング（CMP）は、半導体ウェーハなどの基板を平坦化するために使用される一般的な手法である。従来のCMPでは、ウェーハキャリアまたは研磨ヘッドがキャリアアセンブリに取り付けられ、CMP装置の研磨パッドと接する状態に配置される。このキャリアアセンブリは、制御可能な圧力を基板に供給して、ウェーハを研磨パッドに押し当てる。このパッドは、外部の駆動力によって基板に対して動かされる（例えば回転させられる）。これと同時に、化学組成物（「スラリー」）またはその他の流体媒体が基板上に流され、ウェーハと研磨パッドの間に流れ込む。このようにして、ウェーハ表面は、パッド表面およびスラリーの化学的かつ機械的な作用によって研磨され、ここで、基板表面から材料を選択的に除去するという仕方で、ウェーハ表面の研磨がなされる。

30

【0005】

研磨パッドを製造する従来の方法には、例えば、混合ポリウレタン前駆物質および増孔剤の鋳造およびスカイピング、不織フェルトの含浸および引き裂き、ならびに改質不織フェルト上での被覆、凝固、およびパフリングが含まれる。さらに、液体前駆物質の光重合、網状成形、熱成形性ポリマーの押し出し、およびポリマー粉末の焼結（例えば、米国特許第6,017,265号）など、研磨パッドを製造するその他の方法が探求されている。

40

【0006】

焼結は通常、ガラス転移温度を上回る温度で圧力を受けて圧縮される2種以上の熱可塑性ポリマーに係わるものである。熱可塑性ポリマーの混合物が金型の中に配置され、焼結条件に暴露される。最終結果として、均一な寸法および多孔度を有するパッドが製造される。残念ながら、このパッドは通常、機能的なパッドを製造するための溝加工など追加の

50

加工工程を経なければならない。さらに、従来の焼結法は、様々な多孔度および材料組成を備える研磨パッドを形成する上で制限がある。

【0007】

したがって、要望されているものは、改良された焼結法を用いたケミカルメカニカルプラナリゼーションのための研磨パッド形成方法である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の一態様においては、引き込み可能な表面を引き込ませて焼結室を形成する工程；ディスペンサーを介して熱可塑性粒子を焼結室の中の中に分配する工程；レーザーからのレーザービームを熱可塑性粒子上に集束させる工程；およびレーザービームで熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程を含む、多孔性ケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドを製造する方法が提供される。

10

【0009】

本発明の別の局面においては、引き込み可能な表面を引き込ませて第1焼結室を形成する工程；ディスペンサーを介して第1熱可塑性粒子を第1焼結室の中に分配する工程；レーザーからのレーザービームを第1熱可塑性粒子上に集束させる工程；レーザービームで第1熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程；引き込み可能な表面を引き込ませて第2焼結室を形成する工程；ディスペンサーを介して第2熱可塑性粒子を第2焼結室の中に分配する工程；レーザーからのレーザービームを第2熱可塑性粒子上に集束させる工程；およびレーザービームで第2熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程を含む、多孔性ケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドを製造する方法が提供される。

20

【0010】

本発明の別の態様においては、引き込み可能な表面を引き込ませて第1焼結室を形成する工程；ディスペンサーを介して熱可塑性粒子を第1焼結室の中に分配する工程；レーザーからのレーザービームを熱可塑性粒子上に集束させる工程；レーザービームで熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程；引き込み可能な表面を引き込ませて第2焼結室を形成する工程；ディスペンサーを介して熱可塑性粒子を第2焼結室の中に分配する工程；レーザーからのレーザービームを熱可塑性粒子に集束させる工程；およびレーザービームで熱可塑性粒子を選択的に焼結させる工程を含む、多孔性ケミカルメカニカルポリッシング用の研磨パッドを製造する方法が提供される。

30

【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に本発明の選択的レーザー焼結プロセスおよび装置100を示している。この方法および装置は有利なことに、多孔度および材料組成が望みどおりに制御される、連続的に相互連結された多孔性構造を有する研磨パッドを提供する。本発明の研磨パッドは、エレクトロケミカルメカニカルポリッシング用途において特に有用である。図1を参照すると、装置100は、雰囲気との望ましくない相互作用を低減するために、窒素などの不活性ガスを収容する密閉された反応槽36を備えている。本明細書において用いる「不活性ガス」という用語は、通常または予想される化学反応または生物反応を引き起こさない任意のガスを意味する。さらに、槽36は温度制御される。すなわち、所望の熱可塑性粒子の選択的レーザー焼結を一層容易に促進させる温度において制御される。言い換えれば、本発明においては、レーザー焼結プロセスの動作温度に近い温度に保たれるため、レーザー10は最小限の温度上昇を提供するだけでよいため、選択的レーザー焼結をさらに高速で生じさせることが可能になる。これにより、レーザー焼結される研磨パッドに対する費用効果に優れた処理がもたらされる。

40

【0012】

装置100は、熱可塑性粒子16（「熱可塑性を有する粒子」）を焼結させるためのエネルギーを提供する熱レーザー10をさらに含む。レーザービームは、検流計またはスキヤナーを利用した適用システム12を用いて方向制御され、変調される。熱可塑性粒子1

50

6は、粒子16を焼結室18の中に掃き入れる分配ロッド(「ディスペンサー」)14を用いて焼結室18内に配され、圧縮される。この室18は、引き込み可能な台または表面20を降下させることにより形成されて、「空隙」が形成される。この「空隙」は、焼結される研磨層または研磨パッドを形成するのに適した量の熱可塑性粒子16を保持するのに十分なものである。このようにして、本発明の焼結される研磨パッドを、所望により、単一または複数の焼結層によって形成することができる。

【0013】

熱可塑性ポリマー16は一般に粘弾性を持つため、その温度/粘度挙動が複雑になることがある。低温では、ポリマーはガラス状脆性固体として振る舞い、主に弾性挙動を示す。この範囲の上限温度は、しばしばガラス転移温度または「Tg」と呼ばれる。Tgを上回るがポリマーの融点を下回る温度では、粘性がより有意なものになり、ポリマーは粘性効果と弾性効果の両方を示す。この温度範囲においては、ポリマーに応力を加えたときに、ポリマーを大きく変形させることができる。応力を除かれても、ポリマーの分子構造の永久的な移動および転位が原因で、完全な回復が生じないことがある。融点を上回る温度では、ポリマーは粘性液体として振舞う傾向があり、一般に、応力が加えられたときに永久的な変形を示す。

10

【0014】

本発明のプロセスは、用いる熱可塑性粒子材料の融点を下回る温度で実施することが好ましい。特に、正確に調整された均一な多孔構造が好ましいが、材料の融点を上回る温度では、液体焼結が急速に進行するため、プロセスを制御することが困難になる。融点を上回る温度ではさらに、温度勾配が焼結速度を変動させる傾向にあり、最終物品における多孔構造が不均一になることがある。また、ポリマーの融点を上回る温度での焼結では、粘性流のせいで、焼結された製品に望ましくない変形が生じる傾向がある。

20

【0015】

注意すべきことに、低温粉碎などの従来技術を用いて熱可塑性材料を粉末に容易に変えることができる。粉末になった熱可塑性材料は一般に、温度が熱可塑性材料の融点に近づくにつれて、熱的安定性など、はっきりとした熱的特性を示す。熱可塑性材料は、硬度、弾性率、化学的耐久性、耐摩耗性に応じて選択することができる。本発明のプロセスで使用できる熱可塑性ポリマーの例は、ポリウレタン、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリアクリル酸塩(メタクリレートおよびアクリレートを含む)、ポリスルホン、ポリエステル、ポリオレフィン、ならびにこれらの混合物およびコポリマーである。

30

【0016】

好ましくは、本発明の熱可塑性ポリマーは、34ミリニュートン/メートル以上、より好ましくは37ミリニュートン/メートル以上、最も好ましくは40ミリニュートン/メートル以上の臨界表面張力を提供できる十分な親水性を有する。臨界表面張力は、液体が有することができる最低表面張力であって、それでもなお、その固体上の、ゼロ度を上回る接触角を示すことができる最低表面張力を意味することにより、固体表面の湿潤性を規定する。このため、高い臨界表面張力を有するポリマーほど湿りやすく、その結果、親水性が高くなる。

【0017】

好ましい熱可塑性粒子16には、ウレタン、カーボネート、アミド、スルホン、塩化ビニル、アクリレート、メタクリレート、ビニルアルコール、エステル、またはアクリルアミドが含まれる。本発明による有用な熱可塑性材料(これから粉末が作られる)は、1~200メガパスカルの弾性率と、25%~1000%、より好ましくは50%~500%、最も好ましくは100%~350%の範囲の破断点伸びとを有する。

40

【0018】

図2および図3を参照すると、ディスペンサー14が粒子16を焼結室18の中に掃き入れる、すなわち分配する。粒子16が焼結室18の中に掃き入れられ、過剰な粉末24が、焼結される領域外に動かされる。このようにして、熱可塑性粒子16が焼結室18内に均一に収容、配分される。例えば、熱レーザー10によって形成される焼結層の所望厚

50

さに一致するように引き込み可能な表面 20 を引き込ませることにより、焼結室 18 の容積および深さが所望により変更される。

【0019】

図 4 を参照すると、焼結室 18 が充填されると、次に熱可塑性粒子 16 が、レーザー 10 からのレーザービーム 26 によって確定される特定の焼結条件に従って、焼結熱可塑性層 28 が形成される。特に、熱可塑性粒子 16 の温度が熱レーザー 10 からのレーザービーム 26 の存在下でガラス転移温度を上回るまでに上昇して、焼結熱可塑性層 28 が形成され、望みどおりにさらに変更されて、本発明の研磨パッドが形成される。例えば、単一の層が 0.1 mm ~ 0.6 mm、好ましくは 0.15 mm ~ 0.3 mm の厚さを有することができる。したがって、例えば、80 ミル (2.03 mm) の厚さを有する焼結研磨パッドを製造するために、レーザー 10 が、個別のレーザービームを室 18 内の粒子 16 に最大 20 回当てて、それぞれ 4 ミル (0.1 mm) の厚さを有する複数の焼結層を形成することができる。

10

【0020】

また、熱可塑性粒子 16 のレーザービーム 26 への暴露の強度、パターン、および期間を調節して、所望の特定の研磨パッドの幾何学的形態を生成することができる。さらに、レーザービーム 26 で特定の領域のみ焼結させるように熱レーザー 10 を構成することもできる。これにより、例えば、未焼結粒子を払い落とし振り払うだけで、非接触領域を未焼結のままにして、パッドから取り除くことが可能になる。このようにして、本発明によって、焼結領域と未焼結領域の関係を制御することで、パッド内に溝またはその他の機能的領域を生成することが可能になる (図 6 に関してさらに詳しく説明する)。また、熱可塑性自体に応じて、または熱可塑性粒子 16 の比率を変更することで、多孔度および材料組成を変更することもできる。

20

【0021】

好ましくは、本発明の研磨パッドは 10 ~ 50 % の多孔度を有する。より好ましくは、研磨パッドは 10 ~ 40 % の多孔度を有する。最も好ましくは、研磨パッドは 20 ~ 30 % の多孔度を有する。また、本発明の研磨パッドは 0.3 g/cm³ ~ 1.5 g/cm³ の密度を有する。より好ましくは、研磨パッドは約 0.5 g/cm³ ~ 約 1.4 g/cm³ の密度を有する。最も好ましくは、研磨パッドは約 0.8 g/cm³ ~ 約 1.2 g/cm³ の密度を有する。

【0022】

多層研磨パッドを形成する方法をさらに例示する図 5 を参照すると、特に、多層パッドは、熱可塑性粒子 16 で形成された下方の焼結研磨層 30 および上方の焼結研磨層を有する。特に、望ましい熱可塑性粒子 (焼結研磨層 30 を形成する) が、粒子を第 1 焼結室 32 の中に掃き入れる分配ロッド 14 を用いて第 1 焼結室 32 内に配置され、圧縮される。第 1 焼結室 32 を形成するため、引き込み可能な台 20 を降下させて空隙を形成するものであり、この空隙は、所望の焼結研磨層 30 を形成するのに適した量の熱可塑性粒子を保持するのに十分なものである。特に、装置 100 は、熱可塑性粒子を焼結させて焼結研磨層 30 を形成するためのエネルギーを供給する熱レーザー 10 を備えている。レーザービームは、検流計またはスキャナーを利用した適用システム 12 を用いて方向性制御され、変調される。

30

40

【0023】

次に、粒子 16 を第 2 焼結室 34 の中に掃き入れる分配ロッド 14 を用いて、所望の熱可塑性粒子 16 が第 2 焼結室 34 の中に配され、圧縮されて、別の (上方の) 焼結研磨層が形成される。第 2 焼結室 34 を形成するため、引き込み可能な台 20 をさらに降下させて別の空隙を形成するものであり、この別の空隙は、別の焼結研磨層を形成するのに適した量の熱可塑性粒子 16 を保持するのに十分なものである。特に、熱レーザー 10 が、熱可塑性粒子 16 を焼結させて別の焼結研磨層を形成するためのエネルギーを供給するレーザービームを提供する。この場合も、レーザービームは、検流計またはスキャナーを利用した適用システム 12 を用いて方向性制御され、変調される。

【0024】

50

上記のように、また図 6 A および図 6 B でさらに例示するように、図 5 の方法を使用して同じまたは異なる材料組成を用いて形成された各種パッドの幾何形状を示している。例えば、図 6 A は、同じ熱可塑性粒子を使用して均等な焼結条件で形成された多層研磨パッドを示している。図 6 B は、例えば、異なる熱可塑性層、異なる焼結条件、またはその両方によって形成される多層研磨パッドを示している。また、これらの各層は、熱可塑性材料の混合物からなることができる。上記のように、熱可塑性粒子のレーザービームへの暴露の強度、パターン、および期間を変更して、所望の特定の研磨パッドの幾何学的形態を生成することができる。さらに、レーザービームで特定の領域のみ焼結させるように熱レーザーを構成することもできる。これにより、例えば、未焼結粒子を払い落とし、または振り払うだけで、非接触領域を未焼結のままにして、パッドから取り除くことが可能になる。このようにして、本発明によって、焼結領域と未焼結領域の関係を制御することで、パッド内に溝またはその他の機能的領域を生成することが可能になる。また、熱可塑性自体に依りて、または熱可塑性粒子の比率を変更することで、多孔度および材料組成を変更することもできる。

10

【0025】

注意すべきことに、熱可塑性粒子を使用する場合、少なくとも約 20 重量%の熱可塑性粒子が上記のように親水性を有すること、例えば 34 ミリニュートン/メートル以上の臨界面表面張力を提供することが好ましい。各種の熱可塑性粒子または熱可塑性材料を混合することができるし、その混合物から粉末を生成することもできる。または、各種の熱可塑性材料を個別に粉末にした後、異種粉末の混合物として組み合わせることができる。各種の熱可塑性材料を組み合わせることで、加工性の向上など、処理能力を向上させるように物理特性を選択することができる。また、本発明の熱可塑性粒子を利用すれば、バック側の空隙充填といった柔軟な処理を達成することもできる。パッド性能を高めるために向上した親水性、向上した破断点伸び、向上した耐塑性流動性を有する、その他の熱可塑性材料を選択することができる。

20

【0026】

任意の大きさの粒子を使用することができるが、好ましくは、本発明のプロセスでは 5 ~ 500 ミクロンの平均直径を有する粒子を使用する。より好ましくは、本発明では 2 ~ 200 ミクロンの平均直径を有する粒子を使用する。その平均直径範囲は、大きな隙間または割れ目がない、微視的に滑らかな最終パッド表面を製造するためのレーザー焼結に適している。これにより、焼結製品の力学的耐久性が高まり、パッドの研磨能力が向上する。焼結の進行に伴い、粒子境界における塑性流動によって粒子融合が生じ、それに対応して粒子間の空隙容量が減少する。

30

【0027】

様々な熱可塑性材料が市販されており、それらを本発明における開始材料として使用できるが、2 種の異なる熱可塑性粉末の混合物を利用すれば、実用性の範囲を大幅に広げることができる。2 種の材料を十分に混合することで、個別の材料とは異なることがある機械的性質を有する複合構造材料を製造することができるし、また、材料の不適合性が原因で直接合成することができない異種物質を製造することもできる。ある成分が他の成分よりも低い融点を有するような混合物を使用すると、特に実用的である。融点が低い成分の融点を超えない温度で当該の混合物を処理した場合、レーザー焼結に伴って変形が生じる可能性が大幅に低くなる。

40

【0028】

粒子の好ましい組み合わせには、ポリウレタンを含有する粒子と、ポリエチレン、ポリプロピレン、ナイロン、ポリエステル、またはこれらの組み合わせを含有する粒子との混合物が含まれる。ポリウレタン粒子は有利なパッド特性（例えば、弾性率、破断点伸び、臨界面表面張力など）を提供することができ、その他の粒子は、加工性を高めるうえで特に有用であることが判明している。一態様においては、少なくとも 10 重量%の粒子がポリウレタンを含んでおり、より好ましくは少なくとも 20 重量%の粒子、最も好ましくは少なくとも 65 重量%の粒子がポリウレタンを含む。ポリウレタン粒子と混合される好まし

50

い粒子はポリエチレンを含む。

【0029】

注意すべきことに、上記のように、望みどおりに多種多様な設計または構成に対応できるように、レーザー10からのレーザービームを任意の方向（すなわち、x平面、y平面、またはz平面）に動かすことができる。また、望みどおりに多種多様な設計または構成にさらに対応できるように、任意の支持部材（例えば、台20）をレーザービームに対して動かすこともできる。さらに、引き込み可能な台20の温度を制御して（例えば冷却によって）熱を下げ、製造時間を短縮することもできる。

【0030】

この態様においては、レーザー焼結に用いるレーザー10は、比較的低いデューティサイクルを有するパルス熱レーザーであってもよい。場合により、レーザー12は、シャッター付きの連続レーザー（すなわち、パルス幅（時間）がパルス間の時間に比べ大幅に短い）であってもよい。レーザーのピーク強度およびフルエンスは次の式で与えられる。

$$\text{強度 (ワット/cm}^2\text{)} = \text{ピーク電力 (W)} / \text{焦点面積 (cm}^2\text{)}$$

$$\text{フルエンス (ジュール/cm}^2\text{)} = \text{レーザーパルスエネルギー (J)} / \text{焦点面積 (cm}^2\text{)}$$

一方、ピーク電力は次の式で与えられる。

$$\text{ピーク電力 (W)} = \text{パルスエネルギー (J)} / \text{パルス幅 (秒)}$$

レーザーの例として、PRC Laser CorporationのSTS（商標）シリーズレーザーが挙げられる。熱レーザーアブレーションが好ましい。

【0031】

したがって、本発明は、熱レーザーアブレーション法を用いて研磨パッドを製造する方法を提供する。特に、所定の最終パッド幾何形状、および溝などの特定の形態を有する研磨パッドを形成することができる。また、熱可塑性特性およびレーザーアブレーション条件に応じて、また熱可塑性粒子の比率を変更することで、多孔度および材料組成を変更することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明のレーザー焼結装置を使用して研磨パッドを形成する方法を示す図である。

【図2】本発明のレーザー焼結装置を使用して研磨パッドを形成する方法を示す図である。

【図3】本発明のレーザー焼結装置を使用して研磨パッドを形成する方法を示す図である。

【図4】本発明のレーザー焼結装置を使用して研磨パッドを形成する方法を示す図である。

【図5】本発明のレーザー焼結装置を使用して研磨パッドを形成する方法を示す図である。

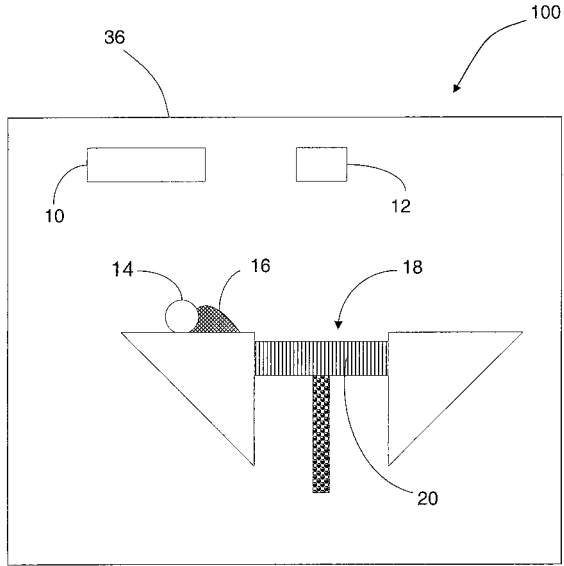
【図6】本発明の方法を使用して形成された様々なパッド構造を示す図である。

10

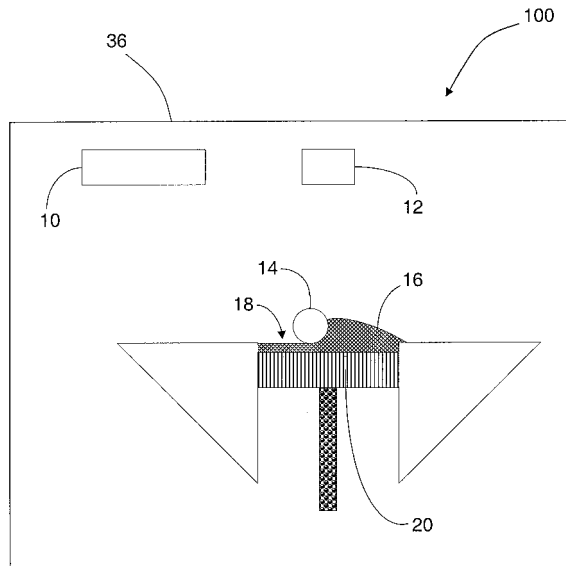
20

30

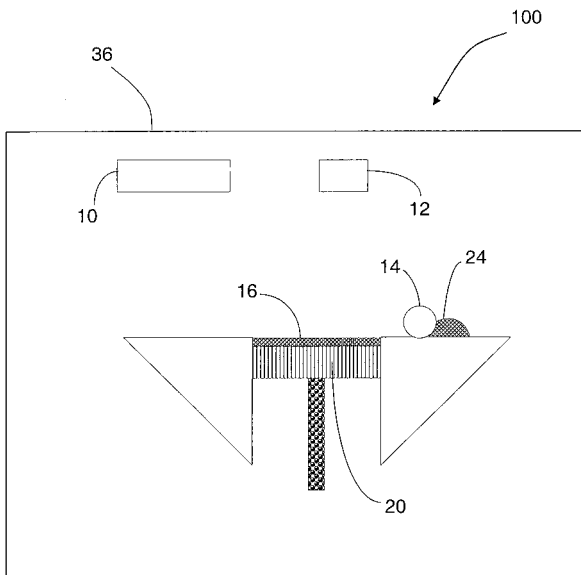
【 図 1 】



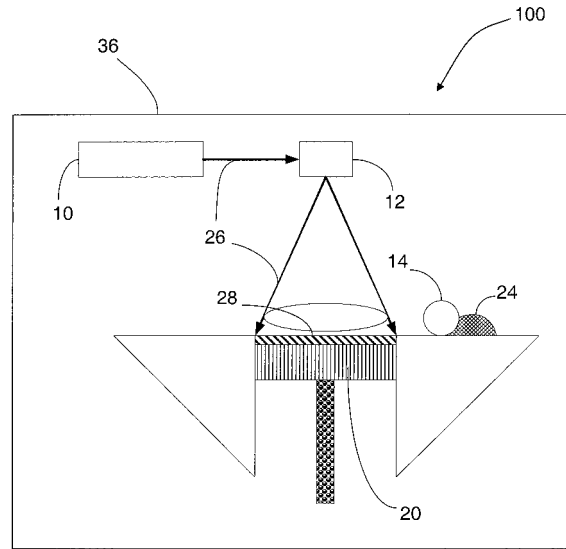
【 図 2 】



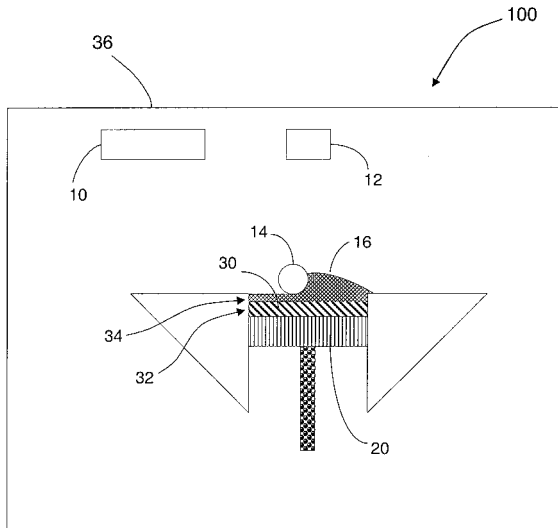
【 図 3 】



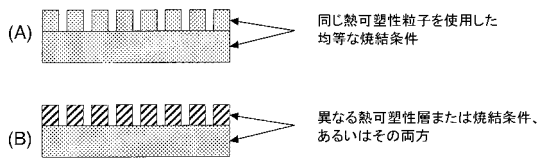
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 アラン・エイチ・サイキン

アメリカ合衆国、ペンシルベニア 1 9 3 5 0、ランデンバーグ、ベンジャミン・ラン 5

Fターム(参考) 3C058 AA09 DA12 DA17

4F074 AA34 AA42 AA48 AA50 AA65 AA70 AA71 AA78 AA87 AE01

CA52 CC49Y DA02 DA13 DA56

【外国語明細書】

1. Title of the Invention

METHOD OF FORMING A CHEMICAL MECHANICAL POLISHING PAD
UTILIZING LASER SINTERING

2. Detailed Description of the Invention

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a method of forming polishing pads used for chemical-mechanical planarization (CMP), and in particular relates to a method of forming a polishing pad using laser sintering.

BACKGROUND OF THE INVENTION

In the fabrication of integrated circuits and other electronic devices, multiple layers of conducting, semiconducting, and dielectric materials are deposited on or removed from a surface of a semiconductor wafer. Thin layers of conducting, semiconducting, and dielectric materials may be deposited by a number of deposition techniques. Common deposition techniques in modern processing include physical vapor deposition (PVD), also known as sputtering, chemical vapor deposition (CVD), plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD), and electrochemical plating (ECP).

As layers of materials are sequentially deposited and removed, the uppermost surface of the substrate may become non-planar across its surface and require planarization. Planarizing a surface, or “polishing” a surface, is a process where material is removed from the surface of the wafer to form a generally even, planar surface. Planarization is useful in removing undesired surface topography and surface defects, such as rough surfaces, agglomerated materials, crystal lattice damage, scratches, and contaminated layers or materials. Planarization is also useful in forming features on a substrate by removing excess deposited material used to fill the features and to provide an even surface for subsequent levels of metallization and processing.

Chemical mechanical planarization, or chemical mechanical polishing (CMP), is a common technique used to planarize substrates such as semiconductor wafers. In conventional CMP, a wafer carrier or polishing head is mounted on a carrier assembly and positioned in contact with a polishing pad in a CMP apparatus. The carrier assembly provides a controllable pressure to the substrate urging the wafer against the polishing pad. The pad is moved (e.g., rotated) relative to the substrate by an external driving force. Simultaneously therewith, a chemical composition (“slurry”) or other fluid medium is flowed onto the substrate and between the wafer and the polishing pad. The wafer surface is thus

polished by the chemical and mechanical action of the pad surface and slurry in a manner that selectively removes material from the substrate surface.

Conventional methods of manufacturing polishing pads include, for example, cast and skiving of mix polyurethane precursors and pore forming agents, impregnation and splitting of non-woven felt, and coating, coagulation and buffing on a modified non-woven felt. In addition, other methods for manufacturing polishing pads have been explored, including, photopolymerization of liquid precursors, net-shape molding, extrusion of thermoformable polymers and sintering of polymeric powders (e.g., U.S. Patent No. 6, 017, 265).

Sintering typically involves two or more thermoplastic polymers that are compacted under pressure, above the glass transition temperature. The mixture of the thermoplastics is place in a mold and exposed to the sintering condition. The end result is a pad with uniform dimensions and porosity. Unfortunately, the pad typically requires additional processing steps, such as, machining of grooves in order to create a functional pad. In addition, conventional sintering techniques are limited in forming polishing pads with varied porosity and material composition.

Accordingly, what is needed is a method of forming a polishing pad for chemical-mechanical planarization utilizing improved sintering techniques.

SUMMARY OF THE INVENTION

In one aspect of the invention, there is provided a method of manufacturing a porous chemical mechanical polishing pad comprising: retracting a retractable surface to form a sintering chamber; dispensing thermoplastic particles into the sintering chamber via a dispenser; focusing a laser beam from a laser onto the thermoplastic particles; and selectively sintering the thermoplastic particles with the laser beam.

In another aspect of the invention, there is provided a method of manufacturing a porous chemical mechanical polishing pad comprising: retracting a retractable surface to form a first sintering chamber; dispensing first thermoplastic particles into the first sintering chamber via a dispenser; focusing a laser beam from a laser onto the first thermoplastic particles; selectively sintering the first thermoplastic particles with the laser beam; retracting the retractable surface to form a second sintering chamber; dispensing second thermoplastic particles into the second sintering chamber via the dispenser; focusing the laser beam from the laser onto the second thermoplastic particles; and selectively sintering the second thermoplastic particles with the laser beam.

In another aspect of the invention, there is provided a method of manufacturing a porous chemical mechanical polishing pad comprising: retracting a retractable surface to form a first sintering chamber; dispensing thermoplastic particles into the first sintering chamber via a dispenser; focusing a laser beam from a laser onto the thermoplastic particles; selectively sintering the thermoplastic particles with the laser beam; retracting the retractable surface to form a second sintering chamber; dispensing the thermoplastic particles into the second sintering chamber via the dispenser; focusing the laser beam from the laser onto the thermoplastic particles; and selectively sintering the thermoplastic particles with the laser beam.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Referring now to the drawing, Figure 1 illustrates the selective laser sintering process and apparatus 100 of the present invention. The method and apparatus advantageously provides a polishing pad having a continuously interconnected porous structure wherein the porosity and the material of construction is controlled as desired. The polishing pad of the present invention has particular utility in electro-chemical mechanical polishing applications. Referring back to Figure 1, the apparatus 100 provides an enclosed reaction vessel 36 containing an inert gas, such as, nitrogen, to reduce unwanted interaction with the atmosphere. As used herein, an "inert gas" is any gas that lacks a usual or anticipated chemical or biological reaction. In addition, the vessel 36 is temperature

controlled, namely, at a temperature that more easily facilitates the selective laser sintering of the desired thermoplastic particles. In other words, by maintaining the temperature near the operating temperature of the laser sintering process, the present invention allows for the selective laser sintering to occur at a more rapid rate since the laser 10 need only impart a minimal temperature increase, thereby providing cost effective processing of the laser sintered polishing pad.

Apparatus 100 further comprises a thermal laser 10 to provide the energy for sintering the thermal plastic particles 16 (“thermoplastic particles”). The laser beam is directionally controlled and modulated using a galvanometer or scanner based application system 12. The thermoplastic particles 16 are positioned and compacted in the sintering chamber 18 using a dispensing rod (“dispenser”) 14 that sweeps the particles 16 into the chamber 18. The chamber 18 is created by lowering the retractable table or surface 20, creating a “void” that is sufficient for holding an appropriate quantity of thermoplastic particles 16 to form a sintered polishing layer or pad. In this way, the sintered polishing pad of the present invention may be formed by a single or multiple sintered layers, as desired.

Thermoplastic polymers 16 are generally viscoelastic, and their temperature/viscosity behavior can be complex. At low temperatures, polymers behave as glassy, brittle solids, exhibiting predominantly elastic behavior. The upper temperature boundary for this region is often referred to as the glass transition temperature or “T_g”. Above the T_g, but below the melting point of the polymer, viscous characteristics become more significant and polymers exhibit both viscous and elastic effects. In this region, the polymer is capable of considerable deformation when stress is applied. When the stress is removed, complete recovery may not occur, due to permanent movement and rearrangement of the molecular structure of the polymer. Above the melting point, the polymer tends to behave as a viscous liquid, generally exhibiting permanent deformation when stress is applied.

The processes of the present invention are preferably conducted below the melting point of the thermoplastic particulate material employed. Above the melting point of the material, rapid liquid sintering makes the process difficult to control, particularly since a precisely regulated and uniform pore structure is preferred. Also above the melting point, thermal gradients tend to cause variations in sintering rate and can cause a non-uniform pore structure in the final article. Also, sintering above the polymer’s melt temperature tends to cause unwanted deformation of the sintered product due to viscous flow.

Note, thermoplastics can be readily converted into a powder using conventional techniques, such as, cryogenic milling, and the powdered thermoplastics will generally exhibit well defined thermal characteristics, including thermal stability as temperatures approach the thermoplastic's melting point. The thermoplastic material can be selected according to hardness, elastic moduli, chemical durability, and abrasion resistance. Examples of thermoplastic polymers that may be used in the processes of the present invention are polyurethanes, polyamides, polycarbonates, polyacrylates (including methacrylates and acrylates), polysulfones, polyesters, polyolefins and mixtures and copolymers thereof.

Preferably, the thermoplastic polymers of the present invention are sufficiently hydrophilic to provide a critical surface tension greater than or equal to 34 milliNewtons per meter, more preferably greater than or equal to 37 milliNewtons per meter and most preferably greater than or equal to 40 milliNewtons per meter. Critical surface tension defines the wettability of a solid surface by noting the lowest surface tension a liquid can have and still exhibit a contact angle greater than zero degrees on that solid. Thus, polymers with higher critical surface tensions are more readily wet and are therefore more hydrophilic.

Preferred thermoplastic particles 16 comprise urethanes, carbonates, amides, sulfones, vinyl chlorides, acrylates, methacrylates, vinyl alcohols, esters or acrylamides. Useful thermoplastics (from which a powder can be made) in accordance with the present invention have a modulus of 1 to 200 MegaPascal and an elongation to break in the range of 25% to 1000%, more preferably 50%-500% and most preferably 100%-350%.

Referring now to Figures 2 and 3, the dispenser 14 sweeps or dispenses the particles 16 into the sintering chamber 18. The particles 16 are swept into the sintering chamber 18 with any excess powder supply 24 moved out and away of the region that is to be sintered. In this way, the thermoplastic particles 16 are uniformly contained and distributed within the sintering chamber 18. The volume and depth of the sintering chamber 18 is modified as desired by, for example, by retracting the retractable surface 20 to correspond to the desired sintered layer thickness to be formed with the thermal laser 10.

Referring now to Figure 4, once the sintering chamber 18 has been filled, the thermoplastic particles 16 are then subjected to the specific sintering conditions established by the laser beam 26 from the laser 10 to form the sintered thermoplastic layer 28. In particular, the thermoplastic particles 16 in the presence of the laser beam 26 from the thermal laser 10 are raised above the glass transition temperature to form the sintered thermoplastic layer 28 and further modified, as desired, to form the polishing pad of the

present invention. For example, a single layer may have a thickness between 0.1 mm to 0.6 mm, preferably, between 0.15 mm to 0.3 mm. Hence, for example, in order to manufacture a sintered polishing pad with a thickness of 80 mils (2.03 mm), the laser 10 may complete up to 20 separate passes of the laser beam on the particles 16 in the chamber 18, forming multiple sintered layers having a thickness of 4 mils (0.1mm) each.

In addition, the intensity, pattern, and duration of the exposure of the thermoplastic particles 16 to the laser beam 26 may be tuned to create the desired, specific polishing pad geometric features. Also, the thermal laser 10 may be configured to only sinter certain areas with the laser beam 26, allowing the non-contacted areas to remain un-sintered and removed from the pad, for example, by simply brushing or shaking off the un-sintered particles. In this way, the present invention allows creation of grooves or other functional areas within the pad by controlling the relationship between the sintered and non-sintered regions (further described with respect to Figure 6 below). In addition, the porosity and material composition can be altered as a function of the thermoplastic properties itself or by varying the ratio of the thermoplastic particles 16.

Preferably, the polishing pad of the present invention has a porosity between 10 to 50 percent. More preferably, the polishing pad has a porosity between 10 to 40 percent. Most preferably, the polishing pad has a porosity between 20 to 30 percent. In addition, the polishing pad of the present invention has a density between 0.3 g/cm^3 to 1.5 g/cm^3 . More preferably, the polishing pad has a density of about 0.5 g/cm^3 to about 1.4 g/cm^3 . Most preferably, the polishing pad has a density of about 0.8 g/cm^3 to about 1.2 g/cm^3 .

Referring now to Figure 5, a further illustration of the method of forming a multi-layered polishing pad is shown, in particular, a multi-layered pad having a lower sintered polishing layer 30 and an upper sintered polishing layer formed with the thermoplastic particles 16. In particular, the desired thermoplastic particles (to form the sintered polishing layer 30) are positioned and compacted in the first sintering chamber 32 using a dispensing rod 14 that sweeps the particles into a first sintering chamber 32. The first sintering chamber 32 is created by lowering the retractable table 20, creating a void that is sufficient for holding an appropriate quantity of thermoplastic particles to form a desired sintered polishing layer 30. In particular, the apparatus 100 provides a thermal laser 10 to provide the energy for sintering the thermal plastic particles to form the sintered polishing layer 30. The laser beam is directionally controlled and modulated using a galvanometer or scanner based application system 12.

Next, the desired thermoplastic particles 16 are positioned and compacted into the second sintering chamber 34 using the dispensing rod 14 that sweeps the particles 16 into a second sintering chamber 34 to form another (upper) sintered polishing layer. The second sintering chamber 34 is created by further lowering the retractable table 20, creating another void that is sufficient for holding an appropriate quantity of thermoplastic particles 16 to form another sintered polishing layer. In particular, the thermal laser 10 provides a laser beam to energize and sinter the thermoplastic particles 16 to form another sintered polishing layer. The laser beam is again directionally controlled and modulated using a galvanometer or scanner based application system 12.

As discussed above and further illustrated in Figures 6A and 6B, various pad geometries using the same or different materials of construction are shown utilizing the method of Figure 5. For example, Figure 6A shows a multi-layered polishing pad formed with uniform sintering conditions utilizing the same thermoplastic particles. Figure 6B shows a multi-layered polishing pad formed, for example, with different thermoplastic layers, different sintering conditions or both. In addition, each of the layers may be comprised of mixtures of thermoplastic materials. As noted above, the intensity, pattern, and duration of the exposure of the thermoplastic particles to the laser beam may be modified to create the desired, specific polishing pad geometric features. Also, the thermal laser may be configured to only sinter certain areas with the laser beam, allowing the non-contacted areas to remain un-sintered and removed from the pad, for example, by simply brushing or shaking off the un-sintered particles. In this way, the present invention allows creation of grooves or other functional areas within the pad by controlling the relationship between the sintered and non-sintered regions. In addition, the porosity and material composition can be altered as a function of the thermoplastic properties itself or by varying the ratio of the thermoplastic particles.

Note, if mixtures of thermoplastic particles are used, then at least about 20 weight percent of the thermoplastic particles are preferably hydrophilic as described above, e.g., provides a critical surface tension greater than or equal to 34 milliNewtons per meter. The different thermoplastic particles or materials can be blended, and powders can be created from the blend. Alternatively, different thermoplastic materials can be made into powders individually and thereafter combined as a blend of dissimilar powders. By combining different thermoplastics, physical properties can be chosen to provide improved processing ability, such as, improved machining. In addition, processing flexibility, such as, back filling

porosity can be achieved utilizing the thermoplastic particles of the present invention. Other thermoplastics can be chosen, having improved hydrophilicity, improved elongation to break, improved resistance to plastic flow, etc., to improve pad performance.

While any size particle may be employed, the processes of the present invention preferably use particles having an average diameter in the range of 5 to 500 microns. More preferably, the present invention uses particles having an average diameter in the range of 2 to 200 microns. Such an average diameter range is well suited for laser sintering to produce a macroscopically smooth final pad surface that is free from large gaps or crevices. This improves the mechanical durability of the sintered product and improves the polishing performance of the pad. As sintering proceeds, plastic flow at the particle boundaries leads to particle coalescence and a corresponding shrinkage of the inter-particle void volume.

Although a wide variety of thermoplastic materials are commercially available and usable as starting materials in the present invention, the range of utility may be considerably enhanced by employing mixtures of two different thermoplastic powders. By intimately mixing two materials, composite structures may be produced that have mechanical properties which may be different than either material individually, and dissimilar material mixtures may be produced from materials that cannot be synthesized directly due to material incompatibility. Of particular utility is the use of a mixture wherein one of the components has a lower melting point than the other. When such a mixture is processed at a temperature not to exceed the melting point of the lower melting component, laser sintering may be effected with significantly less chance of distortion.

Preferred combinations of particles include mixtures of particles containing polyurethane with particles containing polyethylene, polypropylene, nylon, polyester or a combination thereof. The polyurethane particles can provide advantageous pad properties (e.g., modulus, elongation to break, critical surface tension, etc.) and the other particles have been found to be particularly useful in improving processability. In one embodiment, at least 10 weight percent of the particles comprise polyurethane, more preferably at least 20 weight percent and most preferably at least 65 weight percent of the particles comprise polyurethane. A preferred particle to be mixed with the polyurethane particles comprises polyethylene.

Note, as discussed above, laser beam from the laser 10 can be moved in any direction (i.e., x, y or z plane) to accommodate numerous designs or configurations as desired. In addition, any supporting member (e.g., table 20) may be moved relative to the laser beam to further accommodate numerous designs or configurations as desired. In

addition, the retractable table 20 may be temperature controlled (e.g., by chilling) to reduce the heat and reduce the production time.

In the present embodiment, the laser 10 used for laser sintering may be pulsed thermal lasers that have a relatively low duty cycle. Optionally, laser 12 may be a continuous laser that is shuttered (i.e., the pulse width (time) is very short compared to the time between pulses). The peak intensity and fluence of the laser is given by:

$$\text{Intensity (Watts/cm}^2\text{)} = \text{peak power (W)} / \text{focal spot area (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Fluence (Joules/cm}^2\text{)} = \text{laser pulse energy (J)} / \text{focal spot area (cm}^2\text{)}$$

while the peak power is:

$$\text{Peak power (W)} = \text{pulse energy (J)} / \text{pulse duration (sec)}$$

Example lasers are STSTM Series lasers from PRC Laser Corporation. Thermal laser ablation is preferred.

Accordingly, the present invention provides a method for producing a polishing pad using thermal laser ablation techniques. In particular, a polishing pad can be formed having predetermined final pad geometries and specific features, such as, grooves. In addition, porosity and material composition can be altered as a function of the thermoplastic properties, laser ablation conditions and by varying the ratio of the thermoplastic particles.

3. Brief Description of Drawings

Figure 1 illustrates the method of forming a polishing pad utilizing the laser sintering apparatus of the present invention;

Figure 2 illustrates the method of forming a polishing pad utilizing the laser sintering apparatus of the present invention;

Figure 3 illustrates the method of forming a polishing pad utilizing the laser sintering apparatus of the present invention;

Figure 4 illustrates the method of forming a polishing pad utilizing the laser sintering apparatus of the present invention;

Figure 5 illustrates the method of forming a polishing pad utilizing the laser sintering apparatus of the present invention; and

Figure 6 illustrates various pad configurations formed using the method of the present invention.

1. Claims

1. A method of manufacturing a porous chemical mechanical polishing pad comprising:
retracting a retractable surface to form a sintering chamber;
dispensing thermoplastic particles into the sintering chamber via a dispenser;
focusing a laser beam from a laser onto the thermoplastic particles; and
selectively sintering the thermoplastic particles with the laser beam.
2. The method of claim 1 wherein the sintered thermoplastic particles has an average particle size between 5 to 500 microns.
3. The method of claim 1 wherein the particles comprise a thermoplastic selected from urethanes, carbonates, amides, sulfones, vinyl chlorides, acrylates, methacrylates, vinyl alcohols, esters and acrylamides.
4. The method of claim 1 wherein the polishing pad has a porosity of about 10 to 50 percent
5. The method of claim 1 wherein the polishing pad has a density of about 0.3 g/cm^3 to about 1.5 g/cm^3 .
6. A method of manufacturing a porous chemical mechanical polishing pad comprising:
retracting a retractable surface to form a first sintering chamber;
dispensing first thermoplastic particles into the first sintering chamber via a dispenser;
focusing a laser beam from a laser onto the first thermoplastic particles;
selectively sintering the first thermoplastic particles with the laser beam;
retracting the retractable surface to form a second sintering chamber;
dispensing second thermoplastic particles into the second sintering chamber via the dispenser;
focusing the laser beam from the laser onto the second thermoplastic particles; and
selectively sintering the second thermoplastic particles with the laser beam.

7. The method of claim 6 wherein at least 10 weight percent of the particles comprise polyurethane.
8. The method of claim 6 wherein the particles comprise a mixture of particles containing polyurethane and particles containing a material selected from the group consisting of polyethylene, polypropylene, nylon, polyester and combinations thereof.
9. The polishing pad of claim 6 wherein the mixture comprises thermoplastic polymers selected from the group consisting of polyurethanes, polyamides, polycarbonates, polyacrylates, methacrylates, acrylates, polysulfones, polyesters, polyolefins and mixtures and copolymers thereof. .
10. A method of manufacturing a porous chemical mechanical polishing pad comprising:
retracting a retractable surface to form a first sintering chamber;
dispensing thermoplastic particles into the first sintering chamber via a dispenser;
focusing a laser beam from a laser onto the thermoplastic particles;
selectively sintering the thermoplastic particles with the laser beam;
retracting the retractable surface to form a second sintering chamber;
dispensing the thermoplastic particles into the second sintering chamber via the dispenser;
focusing the laser beam from the laser onto the thermoplastic particles; and
selectively sintering the thermoplastic particles with the laser beam.

1. Abstract

The present invention provides a method of manufacturing a porous chemical mechanical polishing pad. The method comprises retracting a retractable surface to form a sintering chamber and dispensing thermoplastic particles into the sintering chamber via a dispenser. The method further provides focusing a laser beam from a laser onto the thermoplastic particles and selectively sintering the thermoplastic particles with the laser beam.

2. Representative Drawing

None

Fig. 1

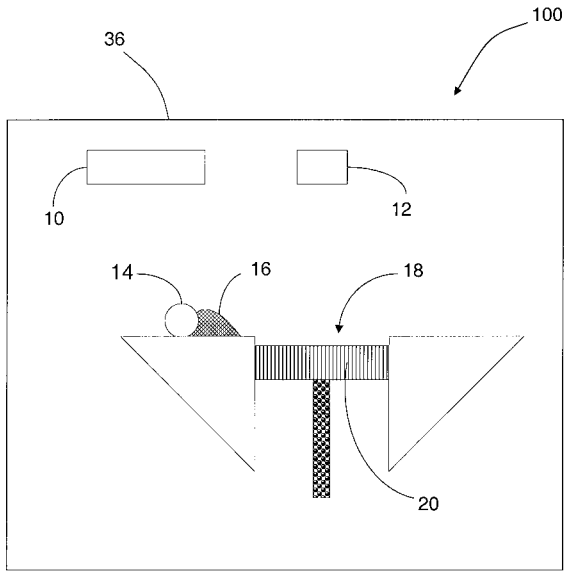


Fig. 2

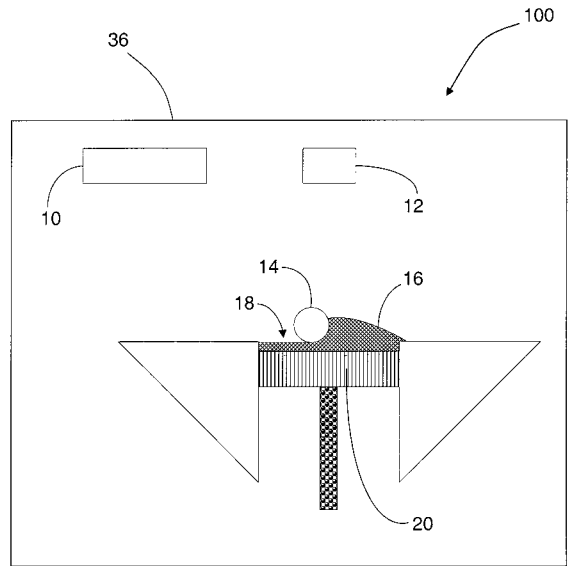


Fig. 3

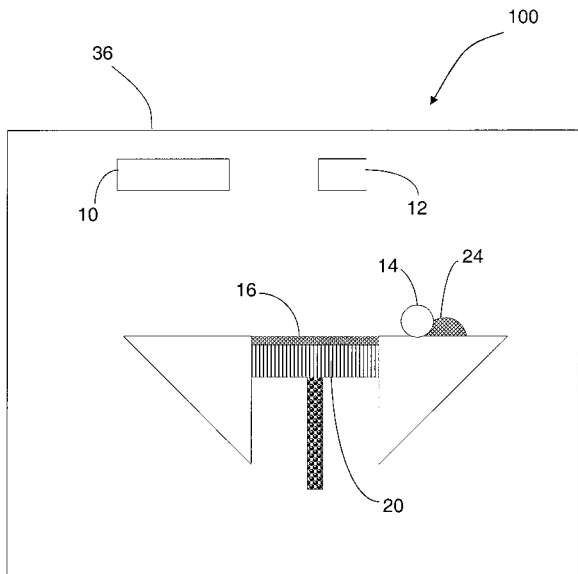


Fig. 4

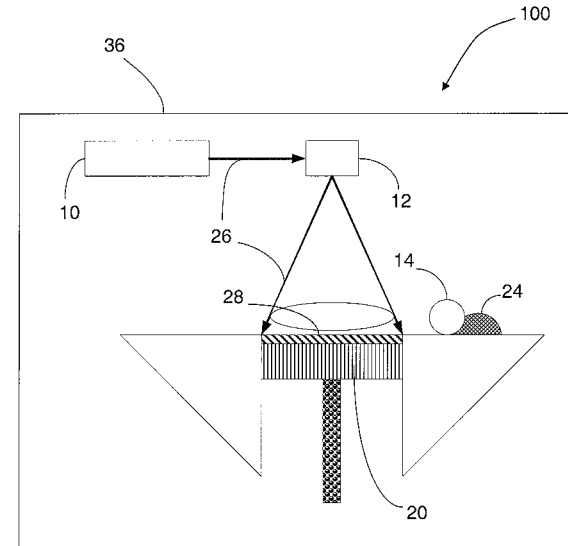


Fig. 5

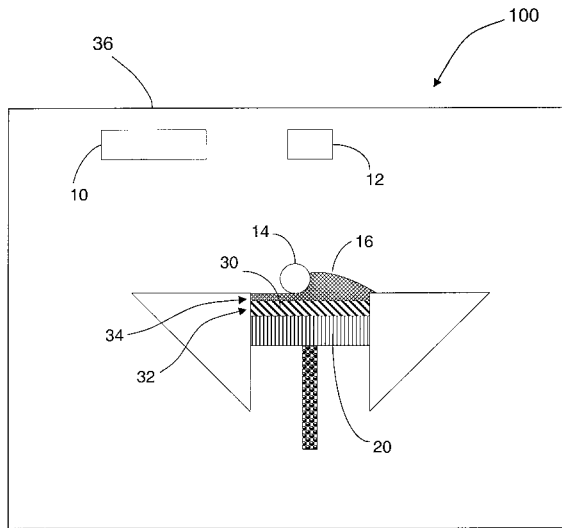


Fig. 6

