

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7183182号
(P7183182)

(45)発行日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(24)登録日 令和4年11月25日(2022.11.25)

(51)国際特許分類 F I
B 2 3 K 26/14 (2014.01) B 2 3 K 26/14

請求項の数 19 (全25頁)

(21)出願番号	特願2019-559332(P2019-559332)	(73)特許権者	519146787 ツ－シックス デラウェア インコーポ レイテッド I I - V I Delaware, Inc . アメリカ合衆国 デラウェア州 1 9 8 0 1 , ウィルミントン , ノースマーケット ストリート 1 1 0 5 , スイート 1 3 0 0 110001302
(86)(22)出願日	平成30年5月2日(2018.5.2)	(74)代理人	特許業務法人北青山インターナショナル マクドナルド , オースティン , スコット アメリカ合衆国 コネチカット州 0 6 4 6 8 , モンロー , メインストリート 9 2 1 , エム キューブド テクノロジーズ , インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2020-520305(P2020-520305 A)	(72)発明者	マストロバティスト , ダニエル 最終頁に続く
(43)公表日	令和2年7月9日(2020.7.9)		
(86)国際出願番号	PCT/US2018/030749		
(87)国際公開番号	WO2018/204556		
(87)国際公開日	平成30年11月8日(2018.11.8)		
審査請求日	令和2年12月23日(2020.12.23)		
(31)優先権主張番号	62/500,482		
(32)優先日	平成29年5月2日(2017.5.2)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	62/500,491		
(32)優先日	平成29年5月2日(2017.5.2)		

(54)【発明の名称】 セラミック含有物品の不活性ガス支援型のレーザー加工

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

制御された粗度の表面を形成するべく、極めて平坦なセラミック含有材料を加工する方法において、

(a) 半導体ウエハを支持する上部表面を有する突出した複数のピンを含む物品を提供するステップであって、前記ピンの上部表面が光学的に平坦な表面である物品を提供するステップと、

(b) コールドアブレーションレーザーを提供するステップと、

(c) 不活性ガスを提供するステップと、

(d) 前記コールドアブレーションレーザーからのレーザービームを前記ピンの上部表面上に入射させるとともに、前記レーザービームが前記ピンの上部表面上において入射する場所において前記ピンの上部表面上に前記不活性ガスのストリームを導くことにより、前記光学的に平坦な表面を加工するステップであって、前記レーザービームが前記ピンの上部表面を加工することにより、前記場所において前記ピンの上部表面との関係において凹入した又は除去された、可視酸化物を有してはいない、加工された表面を形成する加工するステップと、

(e) 前記ピンの上部表面との関係において前記レーザービームを運動させ、これにより、前記ピンの上部表面の一部を除去し、且つ、前記ピンの上部表面の残りの部分を影響を受けていない状態において残すステップと、

を有することを特徴とする方法。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法において、前記コールドアブレーションレーザーは、150 ~ 1080 nm の波長において動作することを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法において、前記コールドアブレーションレーザーは、1 フェムト秒 ~ 300 ナノ秒のパルス幅を有することを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法において、前記コールドアブレーションレーザーは、1 Hz ~ 100000 Hz の反復レートを有することを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法において、前記不活性ガスは、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトン、及びキセノンから構成された群から選択されたガスを有することを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法において、前記物品は、半導体ウエハを支持するチャックを有することを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法において、前記物品は、化学 - 機械平坦化パッドをコンディショニングするコンポーネントとして構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 8】

半導体ウエハを取り扱うコンポーネントとして構成された、制御された粗度の極めて平坦な加工された物品において、

(a) 支持表面を有するチャックを有し、

(b) 前記支持表面は、(i) 第 1 高度における第 1 部分であって、光学的に平坦な第 1 部分と、(ii) 前記第 1 高度との関係において凹入する又は除去されることにより、光学的接触接合を低減する、第 2 高度を有する第 2 部分と、を有するセラミック含有材料を特徴とし、

(c) 前記第 2 部分は、前記支持表面上においてクロスハッチングされたパターンを形成するべく、相互の関係において角度を有する、平行な溝又はチャネルの少なくとも 2 つの組を含み、且つ、

(d) 前記第 2 部分は、可視表面酸化を示しておらず、前記支持表面が複数のピンを含み、当該ピンのそれぞれが前記半導体ウエハを支持する上部表面を有し、前記支持表面の第 1 部分が前記ピンの上部表面に位置しており、前記第 2 部分の溝又はチャネルによって形成された前記クロスハッチングされたパターンが前記ピンの上部表面に位置していることを特徴とする物品。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の物品において、前記平行な溝又はチャネルは、500 ミクロン以下だけ離隔していることを特徴とする物品。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の物品において、前記支持表面の前記第 2 部分は、レーザー加工によって生成されていることを特徴とする物品。

【請求項 11】

請求項 8 に記載の物品において、前記コンポーネントは、チャックを有することを特徴とする物品。

【請求項 12】

請求項 8 に記載の物品において、前記コンポーネントは、真空ウエハチャック、静電チャック、真空ウエハテーブル、ウエハアーム、エンドエフェクタ、及びサセプタから構成された群から選択された少なくとも 1 つの部材を有することを特徴とする物品。

【請求項 13】

請求項 9 に記載の物品において、前記平行な溝又はチャネルは、100 ミクロン以下だ

10

20

30

40

50

け離隔していることを特徴とする物品。

【請求項 1 4】

請求項 8 に記載の物品において、前記支持表面の前記第 2 部分は、少なくとも約 0 . 7 5 ミクロン R A の粗度を有することを特徴とする物品。

【請求項 1 5】

請求項 8 に記載の物品において、前記支持表面の前記第 2 部分は、溶解したテクスチャを示してはいないことを特徴とする物品。

【請求項 1 6】

請求項 8 に記載の物品において、前記支持表面の前記第 2 部分は、微細構造改質の証拠を示してはいないことを特徴とする物品。

10

【請求項 1 7】

請求項 8 に記載の物品において、前記セラミック含有材料は、約 1×10^6 (10^6) - cm 超の電気抵抗率を有することを特徴とする物品。

【請求項 1 8】

請求項 8 に記載の物品において、前記セラミック含有材料は、セラミック酸化物を除外していることを特徴とする物品。

【請求項 1 9】

請求項 8 に記載の物品において、前記セラミック含有材料は、炭化ケイ素を有することを特徴とする物品。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

1 つ又は複数の関連出願に対する相互参照

本特許文献は、それぞれ、2017年5月2日付けで出願された米国仮特許出願第 62 / 500 , 482 号及び第 62 / 500 , 491 号の利益を主張するものである。法令によって許容されている場合には、これらの共通の出願人による特許出願のそれぞれの内容は、そのすべてが、引用により、本明細書において明示的に包含される。

【0002】

連邦政府による資金提供を受けた研究開発の記載

該当せず

30

【0003】

一態様においては、本発明は、複合物及びガラスを含む、セラミック含有材料において使用される加工技法に関する。本発明は、詳しくは、レーザー加工技法に関する。

【0004】

別の態様においては、本発明は、特に、限定を伴うことなしに、リソグラフィである、処理のために、(例えば、シリコンウエハなどの)半導体ウエハを取り扱う物品又はコンポーネント内の、その他の点においては平坦で滑らかな表面に対して、制御された粗度を付与する加工方法に関する。

【背景技術】

【0005】

40

ムーアの法則が半導体の特徴のサイズを益々小さくしているのに伴って、極めて高精度のウエハハンドリングコンポーネント(真空チャック、静電チャック、ウエハアーム、エンドエフェクタなど)に対するニーズが拡大している。ウエハハンドリングコンポーネントの望ましい特徴は、高度な機械的安定性(高剛性及び低密度)、高熱安定性(高熱伝導率及び低熱膨張係数)、低金属汚染、高トレランスの加工性、(精度を維持するための)低損耗、(ウエハの付着を防止するための)低摩擦、並びに、最大で 450 mm のサイズに製造される能力を含む。更には、これらのチャックは、支持する半導体ウエハとの関係において、低摩擦を有することを要し、且つ、支持表面上における粒子汚染から免れていることが極めて重要である。

【0006】

50

これらのニーズに起因して、ウエハハンドリングコンポーネントの製造は、（例えば、SiCに基づいたセラミックなどの）高精度の材料と、高精度の仕上げ、即ち、極端な平坦度及び低い粗度を有するウエハ接触表面、と、を伴うものになっている。

【0007】

但し、技術文献においては、2つの非常に平坦な且つ滑らかな表面が接触した際には、これらが付着して1つになること（通常は、「光学的接触」又は「接触接合」又は「付着」と呼称される現象）が周知である。

【0008】

付着性がウエハとウエハ支持表面の間に存在している際には、ウエハを迅速にチャッキング及びデチャッキングすることが困難であり、且つ、ウエハを高精度で保持することが

10

【0009】

本出願人は、機械的且つ熱的安定性の要件を充足する、いくつかのセラミック複合物（即ち、Si/SiC、SiC/ダイヤモンドなど）を製造している。これらのセラミック複合物の多くは、熔融シリコン金属又はシリコン合金を不活性な（又は、不活性となった）セラミック補強材を含む多孔性塊内に浸潤させることを伴う、反応接合プロセスに基づいているか、或いは、これにより、形成されている。一例は、「反応焼結炭化ケイ素」（又は「RBSC: Reaction Bonded Silicon Carbide」又は「Si/SiC」）を形成するための、SiCを特徴とする、多孔性塊内への熔融Siの浸潤である。チャックとウエハの間の摩擦を低減するべく、ピンのパターンがチャックの上部表面内に加工されている。これらの加工により、ウエハとの間の全体的な接触面積並びに、従って摩擦が、大幅に低減される。低接触面積の更なる利益は、ウエハ汚染の低減である。

20

【0010】

相対的に小さく且つ相対的に正確に制御されたピンに対する需要を充足するために、電気放電加工（EDM: Electric Discharge Machining）などの、これらのピンパターンを加工するべく現時点において利用可能な方法が奮闘している。EDMは、これらの複合物の金属コンポーネントを選好的に加工し、これにより、表面下の損傷（即ち、亀裂及び間隙）及び粒子形成をもたらしている。更には、EDMは、ウエハハンドリング動作において粒子汚染をもたらしうる表面酸化物層をも残す（「リキャスト」とも呼称される）。更には、EDMは、寸法制御が乏しいという問題点をも有する。例えば、EDMによって加工されたウエハチャック内のピンを示す図14の走査電子顕微鏡写真を参照されたい。この写真において特に興味深い点は、新円の欠損11（例えば、ピンを中心とした大まかな境界）、亀裂の開始13、及び間隙の形成15である。

30

【0011】

又、EDMは、加工される材料が導電性を有することを必要としている。

【0012】

レーザー加工は、EDMに対する潜在的な代替肢を提供している。レーザーは、多相材料内のすべての相を切断することにより、極めて最小限の表面下損傷を有する均一な形状を許容することができる。但し、従来のレーザー加工は、材料を局部的に加熱する可能性があり、この結果、表面改質及び酸化物形成が生じうる。このような表面改質及び酸化物形成は、増大した粒子汚染の傾向に起因して、極めて望ましくない。

40

【0013】

別の加工技法は、レーザービームの、特に「コールドアブレーション」に基づいたレーザー加工技法の、使用を伴っている。コールドアブレーションは、材料（加工されている部分）が経験する局所的加熱を極小化しつつ、材料を迅速に除去するべく、短くて高エネルギーのレーザーパルスを使用する、相対的に新しいレーザー加工技法である。但し、コールドアブレーションは、局所的加熱を完全には回避しておらず、従って、ある程度の酸化物形成が発生しうる。

【0014】

50

本発明は、これらの問題点に対処し、且つ、解決策を提供している。

【発明の概要】

【0015】

次世代のセラミック含有ウエハチャック加工プロセスは、

- ・高寸法精度、
- ・低表面下損傷、
- ・低局所加熱、
- ・低表面改質、
- ・低酸化物形成、
- ・低粒子汚染、

を必要としている。

10

【0016】

上述のように、厳格化し続ける要件を充足するべく、EDMが奮闘している。従来のレーザー加工は、寸法要件を充足しはするが、望ましくない表面改質を許している。コールドアブレーションレーザー加工は、表面改質問題を完全には解決していない。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の一態様によれば、コールドアブレーションレーザー加工技法に対する支援が提供されており、この支援は、不活性ガス雰囲気によって提供されている。

【0018】

本発明の別の態様によれば、且つ、本発明の実施形態によれば、半導体ウエハを取り扱う装置内において、ウエハを支持する極めて平坦な表面（「ウエハ支持表面」）の一部分が、加工によって除去され、これにより、支持表面とウエハの間の接触面積が低減されている。この動作は、これら2つのものの間の摩擦を低減し、且つ、従って、「光学的付着」の傾向を低減する。加工は、溝又はチャンネル、或いは、複数のこのような溝又はチャンネル、或いは、「盲」孔などの複数の孔、の形態を有することができる。この結果、「テクスチャ」又は制御された粗度が支持表面に対して付与される。本発明の実施形態は、このテクスチャ付与のためにレーザーを使用してもよく、このレーザーは、熱レーザー、コールドアブレーションレーザー、或いは、非酸化物材料の酸化を低減するべく不活性「カバー」ガスによって変更されたレーザー（熱又はコールドアブレーション）であってよい。

20

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1A】図1Aは、本発明に従ってレーザー加工されたSi/SiCウエハチャック内のピンのSEM写真である。

【図1B】図1Bは、本発明に従ってレーザー加工されたSi/SiCウエハチャック内のピンの、図1Aとは異なる倍率における、SEM写真である。

【図2】図2は、不活性ガス支援型コールドアブレーションレーザー加工装置の側面図の図面である。

【図3】図3は、レーザーを利用してSi/SiC複合材料内において穿孔された孔を示しており、この処理は、空気中において実施されている。

40

【図4】図4は、レーザーを利用してSi/SiC複合材料内において穿孔された孔を示しており、このプロセスは、流れるアルゴンカバーガス中において実施されている。

【図5A】図5Aは、EDMにより、Si/SiC複合材料のサンプル内に生成されたポケットカットのSEM写真である。

【図5B】図5Bは、空気中における従来技術のコールドアブレーションレーザーにより、Si/SiC複合材料のサンプル内に生成されたポケットカットの、図5Aと同一倍率における、SEM写真である。

【図5C】図5Cは、保護アルゴンガスフローの下における本コールドアブレーションレーザー加工により、Si/SiC複合材料のサンプル内に生成されたポケットカットの、図5Aと同一倍率における、SEM写真である。

50

【図 6 A】図 6 A は、Si / SiC 複合材料の表面内に、本発明に従って、レーザー加工されたピンを示す SEM 写真である。

【図 6 B】図 6 B は、TiSi / SiC 複合物の表面内に、本発明に従って、レーザー加工されたピンを示す SEM 写真である。

【図 6 C】図 6 C は、Si / ダイヤモンド複合材料の表面内に、本発明に従って、レーザー加工されたピンを示す SEM 写真である。

【図 7 A】図 7 A は、本発明の本実施形態の能力を更に示す SEM 写真である。

【図 7 B】図 7 B は、本発明の本実施形態の能力を更に示す SEM 写真である。

【図 7 C】図 7 C は、本発明の本実施形態の能力を更に示す SEM 写真である。

【図 8 A】図 8 A (挿入図) は、CVD SiC 内においてレーザー加工された 1 つのピンの顕微鏡写真である。 10

【図 8 B】図 8 B は、表面内に加工された複数のピンのパターンを示す、この CVD SiC の写真である。

【図 9 A】図 9 A は、CVD ダイヤモンドボディ内において加工されたピンの高倍率の SEM 写真である。

【図 9 B】図 9 B は、CVD ダイヤモンドボディ内において加工されたピンの低倍率の SEM 写真である。図 9 B は、表面内に加工された複数のピンのパターンを示す。

【図 10 A】図 10 A は、Si / SiC ボディの半導体ウエハ支持表面上においてレーザーエッチングされたチャンネルのクロスハッチングされたパターンの顕微鏡写真である。

【図 10 B】図 10 B は、Si / SiC ボディの半導体ウエハ支持表面上においてレーザーエッチングされたチャンネルのクロスハッチングされたパターンの、図 10 A とは異なる倍率において取得された、顕微鏡写真である。 20

【図 11 A】図 11 A は、テクスチャが付与されていないウエハ支持ピンの顕微鏡写真である。

【図 11 B】図 11 B は、80 ミクロンの間隔を有するクロスハッチングパターンによってテクスチャが付与されたウエハ支持ピンの顕微鏡写真である。

【図 11 C】図 11 C は、50 ミクロンの間隔を有するクロスハッチングパターンによってテクスチャが付与されたウエハ支持ピンの顕微鏡写真である。

【図 12 A】図 12 A は、本発明の本実施形態の能力を更に示す SEM 写真である。

【図 12 B】図 12 B は、本発明の本実施形態の能力を更に示す SEM 写真である。 30

【図 12 C】図 12 C は、本発明の本実施形態の能力を更に示す SEM 写真である。

【図 13 A】図 13 A は、半導体ウエハを支持するための Si / SiC ウエハハンドリング装置の写真であり、装置は、支持表面上のピンを特徴としている。

【図 13 B】図 13 B は、半導体ウエハを支持するための Si / SiC ウエハハンドリング装置の、図 13 A とは異なる倍率における写真であり、装置は、支持表面上のピンを特徴としている。

【図 14】図 14 は、EDM の性能限度を強調表示する走査電子顕微鏡 (SEM) 写真であり、これは、従来技術を表している。

【発明を実施するための形態】

【0020】 40

次世代のウエハハンドリングコンポーネント (例えば、ウエハチャック) は、

- ・高機械安定性 (高剛性、低密度)、
- ・高熱安定性 (高熱伝導性、低 CTE)、
- ・高損耗抵抗、
- ・低付着、
- ・高精度の平坦度及び低粗度、

を必要としている。

【0021】

本出願人は、通常は、この用途用の表面ピンを有する、SiC に基づいたセラミックコンポーネントを供給している。例えば、図 13 A 及び図 13 B を参照されたい。課題は、 50

平坦度及び粗度が改善されるのに伴って、光学的接触接合効果に起因して、望ましくない付着が問題となる、という点にある。付着が存在している際には、ウエハを迅速にチャッキング及びデチャッキングすることが困難であり、且つ、高精度でウエハを保持することが困難である。

【0022】

機械研削又は電気放電加工（EDM）は、特定の制限を伴って、光学的に平坦な表面にテクスチャを付与するべく、潜在的に使用することができる。更に詳しく後述するように、機械研削及びEDMは、いずれも、約1000ミクロンの特徴サイズの加工に限定されており、且つ、約200ミクロンの精度（或いは、再現可能性）を有する。半導体ウエハの支持表面が、定義された、且つ、非常に正確な、高度をすべてが有する、「ピン」の集合体である場合には、機械研削の精度は、不十分なものとなる。同様に、EDMも、支持ピンのサイズ（直径）が、200ミクロンのレベルでありうることから、その精度は、疑わしいものとなる。このようなピンのEDM加工は、表面の一部分のみではなく、ピンの上部表面全体を完全に破壊する場合がある。

10

【0023】

又、EDMは、加工されている材料が導電性を有することをも必要としている。加工されている材料が金属-セラミック複合物である場合には、EDMは、これらの複合物の金属成分を選好的に加工し、これにより、表面下損傷（即ち、亀裂及び間隙）及び粒子の形成をもたらす。更には、EDMは、ウエハハンドリング動作における粒子汚染をもたらさうる表面酸化物層をも残す（「リキャスト」とも呼称される）。

20

【0024】

1つの魅力的な解決策は、疑似粗度を表面に誘発することにより、付着を防止する、レーザーによってテクスチャが付与された、或いは、レーザー加工された、表面である。この技法によれば、半導体ウエハを支持するべく意図された、ウエハハンドリング物品の表面は、まず、光学的に平坦でありうる、即ち、ナノメートルのスケールにおいて計測されたトレランス内において「平坦」でありうる、望ましい平坦度に、例えば、加工、研磨、及び/又はラップ加工されるなどのように、構成される。又、通常、このような高精度の平坦度は、類似の平滑度とも関係付けられている。次いで、ウエハ支持表面の一部分（「第2部分」）が、例えば、テクスチャ付与又は加工されるなどのように、更に処理され、これにより、支持表面のこの部分のある程度の材料が除去される。この結果、ウエハ支持表面の第1部分は、テクスチャを有していない状態に残され、これにより、これは、その既存の平坦度及び平滑度のレベルにおいて残されることになる。従って、表面の第2部分は、第1部分の高度との関係において、（例えば、相対的に低い高度において）切除された又は凹入した状態となる。従って、支持表面の一部分は、元の状態において残されており、且つ、別の部分は、加工又はエッチングによって除去されている。これが、「疑似粗度」により、意味されている内容である。この手順は、支持表面と支持されている物品（例えば、半導体ウエハ）の間の接触面積を更に低減する効果を有しており、この結果、摩擦と、特に光学的付着現象と、が低減される。

30

【0025】

支持表面の第2部分のこのテクスチャ付与又は加工は、熱レーザーによって実行することができる。レーザービームは、ランダムな、或いは、組織化された、方式により、レリーフ又は凹部（「テクスチャ付与」）を提供するべく、操作することができる。レーザービームは、材料の少なくとも表面層を除去し、これにより、支持表面の材料内において溝又はチャンネルを生成するべく、支持表面との関係において運動させることができる。テクスチャ付与は、複数のチャンネルの形態を有していてもよく、これらのいくつかは、例えば、互いに平行であってもよい。このような平行チャンネルの2つの組は、クロスハッチングパターンを生成するべく、相互の関係において角度を有するようにしてもよい。或いは、この代わりに、レーザービームは、盲孔などの、孔を生成するべく、支持表面との関係において、固定位置において保持することもできる。溝、チャンネル、又は孔の深さは、少なくとも1ミクロンであることを要する。

40

50

【 0 0 2 6 】

レーザー加工又はテクスチャ付与動作と関連する「特性幅」が存在している。特性幅の1つの態様は、レーザービームによって生成される溝、チャネル、又は孔の幅である。複数の溝、チャネル、又は孔が生成される場合には、特性幅の別の態様は、隣接する孔、或いは、平行な溝又はチャネル、の間の間隔である。換言すれば、この態様は、隣接するテクスチャが付与された表面（溝、チャネル、又は孔）の間の材料（例えば、加工されていない材料）の領域の幅を計測している。このような間隔の規則的で周期的な反復の形態は、しばしば、「ピッチ」と呼称されている。これらのレーザー加工動作の特性幅の態様は、いずれも、以下の実施例3において更に詳述するように、研削などの機械的加工により、或いは、EDMにより、実現されうるものよりも微細である（例えば、幅が小さい）。

10

【 0 0 2 7 】

例示用のレーザー処理条件（熱レーザー）

- ・ 1 . 0 6 4 ミクロンのNd : YAG、
- ・ 1 0 0 ワットの最大平均パワー、
- ・ 5 0 ~ 3 0 0 マイクロ秒のパルスレート、
- ・ ダイレクトビーム、
- ・ 3 0 0 mm x 3 0 0 mm のステージ、
- ・ 1 ミクロンの反復ステージ精度

【 0 0 2 8 】

例示用の変更されたコールドアブレーションレーザー加工技法

20

レーザー加工は、EDMに対する潜在的な代替肢を提供している。レーザーは、多相材料内のすべての相を切断し、これにより、極めて最小限の表面下損傷を有する均一な形状を許容することができる。但し、従来のレーザー加工は、材料を局所的に加熱する可能性があり、この結果、特に、材料が金属及び/又は非酸化セラミックを含んでいる場合に、表面改質及び酸化物形成が生じうる。このような表面改質及び酸化物形成は、増大した粒子汚染の傾向に起因して、極めて望ましくない。

【 0 0 2 9 】

「コールドアブレーション」は、材料（加工されている部分）が経験する局所的加熱を極小化しつつ、材料を迅速に除去するべく、短くて、高エネルギーの、レーザーパルスを使用する、相対的に新しいレーザー加工技法である。但し、コールドアブレーションは、局所的加熱を完全には回避しておらず、従って、加工が空気中において実行される場合には、なんらかの酸化物形成が発生しうる。

30

【 0 0 3 0 】

本出願人は、表面改質を極小化する、且つ、酸化物形成を軽減する、不活性支援ガスを伴うコールドアブレーションに基づいたレーザー加工技法を開発した。具体的には、本出願人は、不活性雰囲気（例えば、アルゴン、或いは、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノンなどのその他のもの）中において、加工されている局所的エリアを包み込むガスノズルを含むように、コールドアブレーションレーザー加工機器を変更した。不活性な雰囲気は、酸化物形成を防止する。この全体的な結果は、モノリシックなセラミック並びにセラミック及び/又は金属に基づいた複合物などのセラミック含有材料に対して使用される加工技法である。本加工技法は、ウエハチャックなどの、支持プラットフォーム又は装置内にピンパターンを加工し、これにより、（酸化物形成を含む）表面改質をまったく又はほとんど伴うことなしに、高度な寸法制御（厳格なトレランス）を実現するべく、使用することができる。

40

【 0 0 3 1 】

図2に示されているものは、変更されたコールドアブレーションレーザー装置の側面図の図面である。具体的には、このセットアップは、短い持続時間の高エネルギーのレーザーパルス用のレーザー対物レンズ21と、不活性ガスを加工対象の表面上に導くノズル23と、機械的計測プローブ25と、光学的計測カメラ27と、を示している。図示されていないのは、レーザー光を加工対象の材料上に導き且つ合焦すると共にこれを除去するた

50

めの、運動可能なガルバノメーターミラーである。変更された加圧型のガスノズルは、(i) ガスのフローが、加工デブリを隣接エリアから除去する、並びに、(i i) ガスのフローが、不活性アルゴン雰囲気中において加工エリアを包み込み、これにより、酸化を防止する、という2つの目標を実現している。

【 0 0 3 2 】

変更されたコールドアブレーションレーザーの処理条件の受け入れ可能な範囲は、

- ・ 1 0 8 0 n m ~ 1 5 0 n m において使用される波長、
 - ・ 3 0 0 n s ~ 1 f s の間のパルス幅、
 - ・ 1 0 0 0 0 0 H z ~ 1 H z の間の反復レート、
 - ・ 最大で 1 0 0 0 m m / s のスキャンニング速度
 - ・ 最大で 1 2 0 W のパワー、
 - ・ 支援(カバー)ガスとしてのアルゴン、
- というものである。

10

【 0 0 3 3 】

この(不活性ガスの「支援」を特徴とする)変更されたコールドアブレーションレーザー加工方法は、複合物を含む、且つ、金属-セラミック複合物を含む、大部分の金属及びセラミックと共に機能することになる。この技法によって加工されうる、且つ、半導体ウエハの取扱いのために使用されうる、その他の材料は、A l N、焼結 S i C、C V D S i C、A l₂O₃、ガラス、及びガラスセラミックである。これは、対象の金属が空気中において(例えば、レーザーの曝露によって)加熱された際に、酸化物を迅速に形成する傾向を有する際には、特に重要である(即ち、S i、T i、A l など)。更には、これは、セラミック相が、レーザーに曝露された際に、上述の金属(即ち、S i C、T i C、A l N など)の1つに熱分解する際にも、重要である。

20

【 0 0 3 4 】

炭化ケイ素(S i C)は、ウエハチャックとして使用されるべく、望ましいプロパティ、即ち、3つを挙げれば、低密度、低熱膨張係数、及び高熱伝導度、を有する。

【 0 0 3 5 】

炭化ケイ素に基づいたボディは、反応浸潤技法により、正味の形状に近づくように、生成することが可能であり、且つ、これが、数十年にわたって実施されている。一般に、このような反応浸潤プロセスは、真空又は不活性雰囲気環境内における、炭化ケイ素に炭素を加えたものを含む、多孔性塊との間における溶融シリコン(S i)の接触を伴っている。湿潤状態が生成され、その結果は、溶融シリコンが毛細管現象によって塊内に引き込まれるというものであり、これが、更なる炭化ケイ素を形成するべく、炭素と反応する。この原位置の炭化ケイ素は、通常、相互接続されている。プロセスが、通常、過剰なシリコンの存在下において発生するように、通常は、高密度のボディが望ましい。従って、結果的に得られる複合ボディは、主に炭化ケイ素(例えば、40~80容積百分率)と、但し、なんらかの望ましくないシリコン(こちらも、相互接続されている)と、をも含んでおり、従って、略号表記において、S i / S i C と呼称することができる。このような複合ボディを生成するべく使用されるプロセスは、相互交換可能に、「反応形成」、「反応接合」、「反応浸潤」、又は「自己接合」と呼称されている。

30

40

【 0 0 3 6 】

柔軟性を追加するべく、多孔性塊内のS i Cのいくつか又はすべてをS i C以外の1つ又は複数の材料と置換することができる。例えば、このS i Cの一部をダイヤモンド微粒子によって置換することにより、S i /ダイヤモンド/S i C複合物を結果的に得ることができる。ダイヤモンドの容積比率は、10パーセント~70パーセントの範囲をとるように設計することができる。更には、シリコン金属は、合金化されてもよく、或いは、多孔性塊は、合金元素を含む、反応によって形成された複合物をもたらすべく、シリコン以外の金属を含むこともできる。例えば、S i / S i C複合物中のシリコン成分は、「T i S i / S i C」と表示されうる、シリコン及びチタニウムの両方を特徴とするS i C含有複合ボディをもたらすべく、チタニウムによって変更することができる。このようなチタ

50

ニウムを含有する、反応形成されたSiC複合物を形成するための成功裡の浸潤は、それぞれ、15wt%及び40wt%のチタニウムと、残りの部分のシリコンと、を含む溶浸材金属を使用することにより、実行されている。本発明の本実施形態は、これらの材料のすべてにおいて使用される。

【0037】

様々な技法によって加工された表面の特徴付け

以下は、EDMによって加工されたものから、且つ、レーザービームによって加工されたものから、従来の研削/ラップ加工/研磨によって調製された加工された表面を特徴付け又は弁別する方式について記述している。この特徴付けのために、金属-セラミック複合材料、即ち、Si/SiC、が使用されたことに留意されたい。

10

【0038】

異なる動作の結果として得られた表面は、表面粗度によって弁別することができる。粗い研磨ダイヤモンドツールによる研削動作（即ち、表面研削、スピン研削、ジグ研削、又はラップ加工）は、表面内においてスクラッチ（表面研削における平行なスクラッチ、スピン研削における同心状のもの、ジグ研削及びラップ加工の場合のランダムなもの）を残すことになる。ランダムな動き及び微細なダイヤモンド研磨剤を伴う研削動作（即ち、微細なツールを有するジグ研削又はラップ加工）においては、表面は、研磨された状態となる。研磨された表面は、セラミックの間の金属がわずかに除去された状態における、セラミック粒の、すべてが同一の高さを有する、平坦な上部を有することになる。

【0039】

対照的に、レーザー加工された表面は、制御された粗度を有することになる。レーザー加工は、表面上においてスキャンされる一連の円形のエリア内において、材料を除去している。粗度は、円形のエリアのオーバーラップの程度によって制御される。それぞれの円形の露出エリア内において、セラミック粒は、なんらかの粗度を有することになり、且つ、粒間金属からわずかに隆起することになる。

20

【0040】

研削及びレーザー加工は、セラミックと金属の材料除去レートの間においてわずかな差を有する一方で、EDM動作は、ほとんど金属のみを加工する。これに起因して、EDM表面は、溶解した/酸化したテクスチャ（「リキャスト層」）を伴うことにより、非常に異なっている。電気放電加工された表面は、ランダムな粗度を有することになる。セラミック粒の間において、金属が深く除去される。又、表面の下方において深く延在することになる、除去された金属の微細亀裂も存在することになる。いくつかのケースにおいては、これらの微細亀裂は、特徴を切断することが可能であり、且つ、数百マイクロ離れた、反対側の表面からの亀裂に接続しうる。

30

【0041】

表1は、上述の粗度を定量化している。この表は、微細に研削された（研磨された）Si/SiC複合材料表面のレーザー加工が、相対的に低いレーザーパワーにおいて約一桁だけ、粗度を増大させるが、相対的に高いパワーレベルにおいては、この粗度を約3倍増大させることを示している。但し、電気放電加工を通じて得られる粗度は、依然として、85ワットレーザーによって生成される粗度の2倍超であった。

40

表1

表面	計測粗度(ミクロンを単位とする R _A)
研削の場合	0.098
85 W のレーザー加工	2.4
29 W のレーザー加工	0.89
15 W のレーザー加工	0.75
EDM	5.1

【 0 0 4 2 】

研削、EDM、及びレーザー加工の間における別の相違点は、加工された表面の化学的性質及び結晶性に対する潜在的な変更の観点におけるものである。熱レーザーによって加工された表面の支配的な特徴は、溶解した、又は熱の影響を受けた、ゾーンである。対照的に、Si/SiC材料が、Ar支援型のコールドアブレーションレーザーによって加工された際には、本プロセスは、

- ・加工された特徴の相対的に高精度の制御、
- ・格段に少ない表面下損傷、
- ・相対的に滑らかな表面仕上げ、
- ・特徴のエッジ上における格段に小さな粗度、
- ・亀裂又は間隙形成の証拠の欠如、
- ・酸化の回避及び粒子形成の傾向の低減、

を提供する。

【 0 0 4 3 】

「酸化の回避」により、本出願人は、光学顕微鏡において、或いは、SEMにおいても、酸化が視覚的に観察されなかったことを意味している。但し、これは、例えば、加工された表面上に存在する、1つの、いくつかの、恐らくは、最大で1ダースの半分の数の、酸化物の原子層などの、金属又は非酸化物セラミック表面上において原子スケールの酸化が存在する可能性を排除するものではない。この結果は、熱レーザー及びEDMとは明らかに対照的であり、この場合には、酸化の層が観察される。

【 0 0 4 4 】

次に、以下の実施例を参照し、本発明について更に詳述することとする。

【 実施例 】

【 0 0 4 5 】

実施例1：Si/SiCウエハチャック内のピンのレーザー加工

次に、本発明に従ってレーザー加工されたSi/SiCウエハチャック内のピンの、異なる倍率における、SEM写真である、図1A及び図1Bを参照されたい。レーザービームのゾーン又は領域の近傍における加工対象のSi/SiC材料の表面上に不活性ガス(ここでは、アルゴンガス)を導くための手段(例えば、ノズル)によって変更又は補完されたコールドアブレーションレーザー装置を利用してレーザー加工を実行した。

【 0 0 4 6 】

Si/SiC材料の加工された表面の表面改質がほとんど又はまったく存在していないことに加えて、Ar支援型のコールドアブレーションレーザー加工は、

- ・加工された特徴の相対的に高精度の制御、
 - ・格段に少ない表面下損傷、
 - ・相対的に滑らかな表面仕上げ、
 - ・特徴のエッジ上における格段に小さな粗度、
 - ・亀裂又は間隙形成の証拠の欠如、
 - ・酸化の回避及び粒子形成の傾向の低減、
- を提供している。

【0047】

「酸化の回避」により、本出願人は、光学顕微鏡において、或いは、SEMにおいても、酸化が視覚的に観察されなかったことを意味している。但し、これは、例えば、加工された表面上に存在する酸化物の、1つの、いくつかの、恐らくは、最大で1ダースの半分の数の、原子層などの、原子スケールの酸化が金属又は非酸化物セラミック表面上において存在している可能性を排除するものではない。この結果は、熱レーザー及びEDMとは明らかに対照的であり、この場合には、酸化の層が観察される。

10

【0048】

実施例2：Si/SiC内のレーザーによって穿孔された孔の比較

この例は、不活性ガスの「支援」をコールドアブレーションレーザー加工プロセスに追加する効果を示している。

【0049】

ここで、プロセスは、反応形成プロセスによって形成されたSi/SiC複合材料内において孔を穿孔する際のものである。図3は、空気中において実施されているプロセスを示している。図の左側は、孔のSEM写真である。図の右側は、X線によるエネルギー分散分析(EDAX: Energy Dispersive Analysis)による孔のエッジの元素分析を示している。

20

【0050】

同様に、図4は、流れるアルゴンカバーガス中において実施されているプロセスを示している。図の左側は、孔のSEM写真である。図の右側は、X線によるエネルギー分散分析(EDAX)による孔のエッジの元素分析を示している。図3のシリコンピークに対する酸素ピークの比率又は相対的なサイズを図4のものと比較することにより、酸素ピークは、アルゴンカバーガスが使用された場合には、大幅に低減されることがわかり、これは、レーザー穿孔プロセスにおける格段に少ない酸化物形成を示している。実際に、アルゴンカバーガスを使用して形成された酸化物の量は、レーザー穿孔が空気中において実施された際に形成された量の半分未満であった。ここで、アルゴンガスは、なんらかの酸素及び/又は水蒸気不純物を含んでいたものであり、更に純粋なソースガスは、形成される酸化物の量を更に低減していたことであろう。

30

【0051】

酸化物層の形成は、特に、ウエハチャックなどの、半導体ウエハを取り扱うためのコンポーネントの製造の文脈において、いくつかの問題点を生成しうる。これらの問題は、トレランス制御の低減、表面硬度の低減、(例えば、酸化物の剥落による)潜在的な粒子汚染、不均一な表面プロパティ、並びに、異なる熱膨張係数を有する結合された材料によって生成される応力及び/変形(例えば、曲がり)問題(バイメタルストリップ効果)を含む。

40

【0052】

実施例3：Si/SiCにおけるポケットカットの比較

この例は、本発明の変更されたコールドアブレーションレーザー加工技法、従来技術のコールドアブレーションレーザー加工プロセス、及び従来技術の電気放電加工プロセスの間において、「ポケットカット」の品質を比較している。それぞれの例において、反応接合によって生成されたSi/SiC複合材料のサンプル上において、ポケットカットを準備した。ポケットカットは、立方体などの材料の直交プリズムを提供し、且つ、望ましい深さまで一側部上の材料を削り落とすように進めるが、上部表面近傍の領域を元のままに

50

残し、且つ、次いで、隣接する側部表面上において同一の内容を実行し、これにより、再度、上部表面近傍の領域を元のままの状態に残すことにより、準備することができる。

【0053】

図5A、図5B、及び図5Cは、EDM、空気中における従来技術のコールドアブレーションレーザー及び保護アルゴンガスフローの下における本コールドアブレーションレーザー加工によってSi/SiCサンプル内に生成されたポケットカットの、同一の倍率における、SEM写真である。サンプルは、それぞれ、同一の方式によって方向付けされており、加工された側部表面の1つのものの正面図と、上部表面及びその他の側部表面の側面図と、を示している。

【0054】

図5Aの従来技術のEDMのポケットカットは、電気放電の動作の際のSi/SiC複合物のポップアウト内の粒子としての表面下損傷を反映した、不均一なエッジを示している。又、切断表面は、酸化物/リキャスト層をも示している。図5Bの(従来技術の)コールドアブレーションレーザーのポケットカットは、Si/SiC複合物のすべての相を通じたレーザー切断を反映した、相対的に均一なエッジ(まっすぐな切断)を示している。但し、切断表面における酸化物の蓄積が観察される。又、図5Cの本発明の、変更されたアルゴンガスコールドアブレーションレーザーのポケットアウトは、均一なエッジ(まっすぐな切断)を示しており、且つ、切断表面が、形成された酸化物の観察を伴うことなしに、「クリーン」であることをも示している。

【0055】

実施例4：異なる組成のSi含有複合物のレーザー加工

図6A~図6Cは、Si/SiC複合材料、TiSi/SiC複合材料、及びSi/ダイヤモンド複合材料の表面内に本発明に従ってレーザー加工されたピンを示すSEM写真である。従って、この例は、本技法の多様性を示している。ダイヤモンド含有複合材料は、ダイヤモンド粒子の硬度に起因して、機械的技法を使用して加工(例えば、研削)することができないことに留意されたい。

【0056】

実施例5：本技法の寸法精度

図7A~図7Cは、本発明の本実施形態の能力を更に示すSEM写真である。図7Aは、レーザー加工された、且つ、200ミクロン未満だけ、互いから離れるように離隔した、異なる形状特徴を示している。図7Bは、ウエハチャック内のレーザー加工されたピンを示しており、ピンは、その計測幅が約200ミクロンであるベースを有する。図7Cは、その幅が約150ミクロンであるベースを有するピンを示しており、このピンも、本発明の実施形態に従ってレーザー加工されている。

【0057】

EDM及び熱レーザーは、「オーバーバーン(over-burn)」に起因して、正確性の課題を有する。基本的に、切断に先立って、熱によって影響されたゾーン/溶解したゾーンが存在している。本発明の変更されたコールドレーザーアブレーションプロセスは、はっきりとした切断を有しており、その理由は、熱の影響が存在していないからである。EDMは、直径が約200ミクロンである小さなサイズを有する特徴を加工することが可能であり、且つ、これらの材料内において、±(プラス又はマイナス)12ミクロンのトレランスを保持することができる。研削によるものなどの、機械的な加工は、約1000ミクロンという小さなサイズの特徴を加工することが可能であり、且つ、±200ミクロンのトレランスを保持することができる。ネットシェイプ成形も、同様に、±200ミクロンのトレランス能力を有する。レーザー加工は、500ミクロン、200ミクロン、100ミクロン、場合によっては、50ミクロンという小さなサイズの特徴を加工することが可能であり、且つ、これらの材料内において、±0.1ミクロンのトレランスを保持することができる。場合によっては、50ミクロン未満の特徴サイズも、可能でありうるであろう。

【0058】

10

20

30

40

50

本発明の実施形態の文脈においては、加工されうる最小特徴サイズは、2つの特徴の間において加工されうる通路、チャネル、又は溝の最も狭い幅、或いは、穿孔されうる最小直径の孔、の観点において表現することができる。例えば、図7Aにおいて、真空封止用のピン及び溝は、約200ミクロンだけ離隔するものとして示されている。セラミック材料が、これら2つの特徴と、その間の空間（凹入したエリア）と、を生成するべく、除去されて（加工されて）いることから、本加工技法は、この狭い間隔をもたらすものとして示されている。加工されたエリアは、隣接する2つの特徴の高度との関係において、相対的に低い高度を有する（凹入している）。孔が関係している場合には、加工された表面は、孔を定義している。「盲」孔の場合には、孔の底部は、孔の外側の、且つ、隣接する、材料の高度よりも低い高度を有する。

10

【0059】

相対的に大きな寸法精度は、相対的に柔軟なピンの形状及びパターン化を許容する。材料が、ほとんど表面改質を伴うことなしに、除去されうることから、相対的に小さな特徴を加工することができる。不活性ガス支援型のコールドアブレーションレーザー加工は、ピンのプロファイル及びその他の特徴までの間隔に対する相対的に大きな制御を有する。又、これは、下流のプロセスをも益することになる。

【0060】

実施例6：非導電性材料のレーザー加工

この例は、電気放電加工（EDM）によって加工されるには、導電性が不十分である、材料を加工するための、本発明の変更されたコールドアブレーションレーザー加工技法の使用法を実証している。

20

【0061】

1. CVD SiC

図8A（挿入図）は、化学蒸着（CVD：Chemical Vapor Deposition）プロセスによって生成された炭化ケイ素（SiC）内において加工されたピンの顕微鏡写真である。加工は、本発明に、例えば、保護不活性ガスによって変更されたコールドアブレーションレーザーに、よるものであった。図8Bは、このCVD SiCのレーザー加工された表面の写真であり、表面内に加工された複数のピンのパターンを示している。

【0062】

CVD SiCは、その電気抵抗率が過大である、 $10E6$ （百万） $-cm$ のレベルである、ことからEDMによって加工することができない。

30

【0063】

2. CVDダイヤモンド

図9Aは、化学蒸着プロセスによって生成されたダイヤモンド内において加工されたピンの顕微鏡写真である。加工は、本発明に、例えば、保護不活性ガスによって変更されたコールドアブレーションレーザーに、よるものであった。図9Bは、このCVDダイヤモンドのレーザー加工された表面の写真であり、表面内に加工された複数のピンのパターンを示している。

【0064】

CVDダイヤモンドは、その電気抵抗率が過大である、 1×10^{16} （ $10E16$ ） $-cm$ のレベルである、ことからEDMによって加工することができない。

40

【0065】

不活性ガス支援型のコールドアブレーションレーザー加工は、次世代の半導体ウエハハンドリング機器の加工のための要件を充足することができる。

【0066】

利益のうちで、直接及び間接的なものの両方は、以下のとおりである。
・レーザー加工が、相対的に少ない表面改質をもたらす、且つ、表面下損傷をほとんど又はまったくもたらさず、且つ、相対的に高度な寸法制御を有することから、下流のプロセスに大きな利益を付与するべく、ピンパターンの加工を最適化することができる。

50

- ・導電性材料に限定されてはいない。
- ・特徴の設計の相対的に大きな柔軟性を利用することができる（特徴のプロファイル及びフットプリント、表面のテクスチャ付与）。
- ・450 mm以上の直径に容易にスケールアップである。
- ・大きなマシニングセンタが利用可能であり、これにより、多数の部分の同時加工が可能となる。

【0067】

次に示されているのは、本発明のレーザーによるテクスチャ付与の態様に係るいくつかの例である。

【0068】

実施例7：ウエハハンドリング装置のレーザーによるテクスチャ付与

半導体ウエハを支持するべく、表面ピン（「メサ」又は「プラトー」とも呼称される）を有するSi/SiCウエハハンドリング装置が提供され、これは、図13A及び図13Bに示されているものに類似している。ピンは、非常に均一な高度において位置しており、且つ、装置とウエハの間の接触面積を大幅に低減している。但し、ピントップは、非常に滑らかであり、これにより、「光学的付着」現象がもたらされる。

【0069】

ピントップを粗化するべく（これに対して疑似粗度を提供するべく）、レーザーによるテクスチャ付与を利用した。具体的には、ウエハハンドリング装置の少なくとも1つのピントップ内にクロスハッチングパターンを加工又はエッチングするべく、熱レーザーを使用した。

【0070】

テクスチャの付与（クロスハッチング）は、様々なレーザーパラメータによって実施することができる。本例の場合には、以下のレーザーパラメータにより、Si/SiCにテクスチャを付与した。

- ・1.064 μmのNd:YAG（熱レーザー）、
- ・100 Wの最大平均パワー、
- ・50～300 μmのパルスレート、
- ・ダイレクトビーム、
- ・300 mm×300 mmのステージ、
- ・1 μmの反復ステージ精度

【0071】

図10A及び図10Bの2つの顕微鏡写真には、このレーザーによるテクスチャ付与の結果が示されている。これらの写真は、Si/SiCウエハハンドリング装置のピントップ上の同一のエリアのものであり、異なっているのは、倍率のみである。直角のクロスハッチングパターンが観察される。パターンは、Si/SiC材料内に焼き込まれたチャンネルに対応しており、この場合に、それぞれのチャンネルは、約3ミクロンの深さと、約10ミクロンの幅と、を有する。チャンネルのピッチ（周期）は、約80～90ミクロンである。

【0072】

実施例8

この例は、不活性カバーガスによって変更されたコールドアブレーションレーザーを使用したウエハハンドリング装置のレーザーによるテクスチャ付与を実証している。レーザー加工される材料は、実施例1と同一であり、即ち、反応浸潤によって生成されたシリコン/炭化ケイ素複合材料であった。

【0073】

図11A～図11Cは、それぞれ、テクスチャが付与されていないウエハ支持ピン、80ミクロンの間隔を有するクロスハッチングパターンによってテクスチャが付与されたウエハ支持ピン、並びに、50ミクロンの間隔を有するクロスハッチングパターンによってテクスチャが付与されたウエハ支持ピン、の顕微鏡写真である。Si/SiCセラミック内に切削されたクロスハッチングパターンが、アルゴンカバーガスを伴う、15 Wのパワ

10

20

30

40

50

一の1064nmのコールドアブレーションレーザーを使用してレーザー加工されている。
【0074】

クロスハッチングされたパターンは、摩擦の低減、裏面汚染の低減、及び平坦度の改善を目的として、半導体ウエハとの間の表面接触を低減している。クロスハッチングパターンを形成するためのレーザー除去の使用は、従来の加工よりも小さな特徴サイズと、熱レーザー切削との比較において改善されたトランス能力と、切削された表面内に誘発される熱的及び機械的損傷の低減と、を提供している。

【0075】

「一実施形態(one embodiment)」又は「一実施形態(an embodiment)」に対する本明細書における参照は、その実施形態との関連において記述されている特定の特徵、構造、又は特性が、本発明の少なくとも1つの実施形態において含まれうることを意味している。本明細書の様々な場所における「一実施形態において(in one embodiment)」というフレーズの出現は、必ずしも、そのすべてが同一の実施形態を参照しているものではなく、且つ、別個の又は代替の実施形態が、必ずしも、その他の実施形態を相互に排除しているものでもない。この同一の内容は、「実装形態(implementation)」という用語にも適用される。

10

【0076】

本明細書において記述されている例示用の方法のステップは、必ずしも、記述されている順序どおりの実行を必要とはしていないことを理解されたい。従って、このような方法のステップの順序は、例示を目的としたものに過ぎないものと理解されたい。同様に、本発明の様々な実施形態と一貫性を有する方法により、更なるステップが、これらの方法において含まれてもよく、且つ、特定のステップが、省略されてもよく、或いは、組み合わせられてもよいであろう。

20

【0077】

本出願において使用されている「例示用の(exemplary)」という用語は、本明細書においては、例、例証、又は例示として機能することを意味するべく、使用されている。「例示用」として本明細書において記述されている任意の態様又は設計は、必ずしも、その他の態様又は設計よりも好ましい又は有利であると解釈されるものではない。むしろ、「例示用」という用語の使用は、概念を具体的な方式によって提示することを意図したものである。

30

【産業上の利用可能性】

【0078】

本出願人のレーザー加工技法は、多様であり、且つ、(EDMとの比較において)処理可能な様々な材料を許容している。複合物内のセラミック粒子サイズとは無関係に、特徴を加工することができる。多くの異なる組成(例えば、複数の相を含む複合材料)を加工することができる。

【0079】

本発明の技法、装置、及び物品は、半導体製造産業における物品の製造において、且つ、特に、半導体ウエハの取扱いに関与する物品又はコンポーネントの製造において、有用性を見出すであろう。このような物品又はコンポーネントは、

40

- ・真空ウエハチャック、
- ・真空ウエハテーブル、
- ・静電チャック、
- ・ウエハアーム、
- ・エンドエフェクタ、

を含む。

【0080】

熱又は酸化を伴わないセラミックの材料除去が望ましいその他の用途は、

- ・次世代材料の(即ち、ダイヤモンドに基づいた)加工
- ・反射防止用のテクスチャ付与、

50

- ・低摩擦のテクスチャ付与、
- ・化学 - 機械平坦化 (CMP : Chemical - Mechanical Planarization) コンディショナパッドの製造、を含む。

【 0 0 8 1 】

当業者は、添付の請求項において定義されている本発明の範囲又は精神を逸脱することなしに、様々な変更が、本明細書において記述されている本発明に対して実施されうることを理解するであろう。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

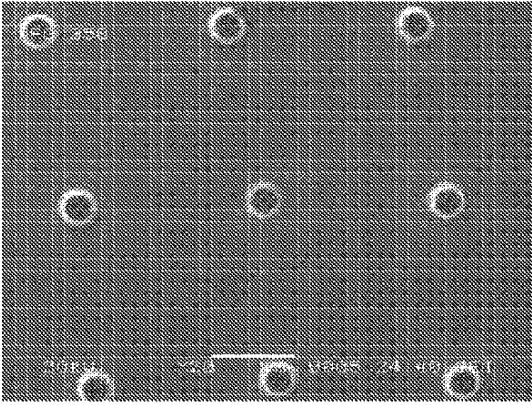


Fig. 1A

【図 1 B】

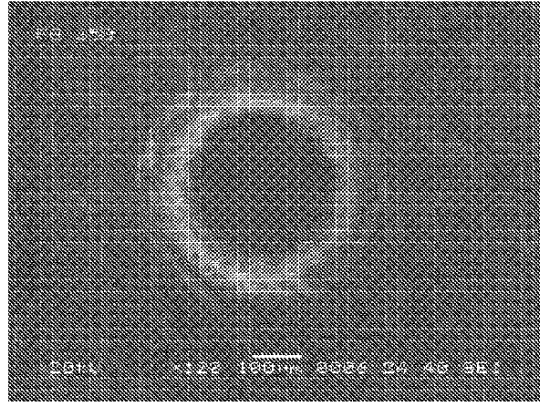


Fig. 1B

【図 2】

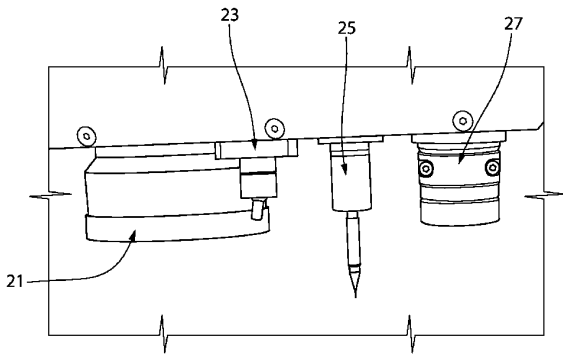


FIG. 2

【図 3】

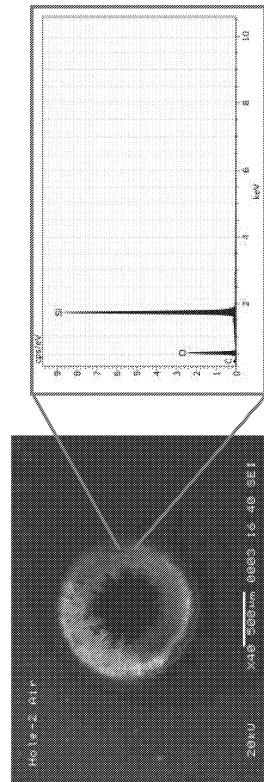


图 3 (従来技術)

10

20

30

40

50

【図 4】

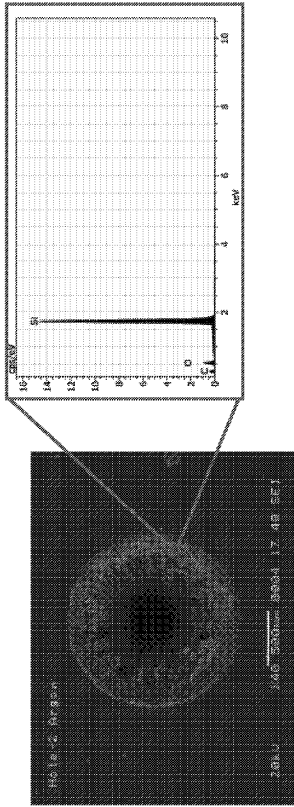


Fig. 4

【図 5】

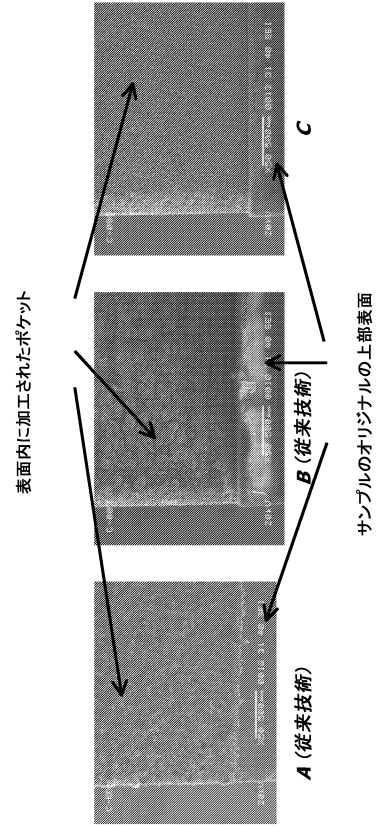


図 5

【図 6 A】

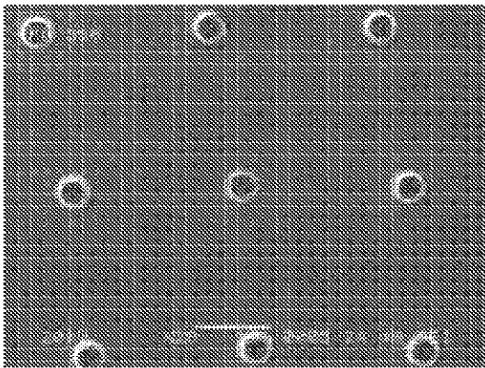


Fig. 6A

【図 6 B】

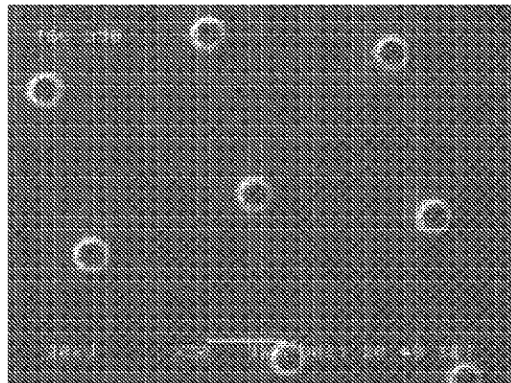


Fig. 6B


10

20

30

40

50

【 6 C】

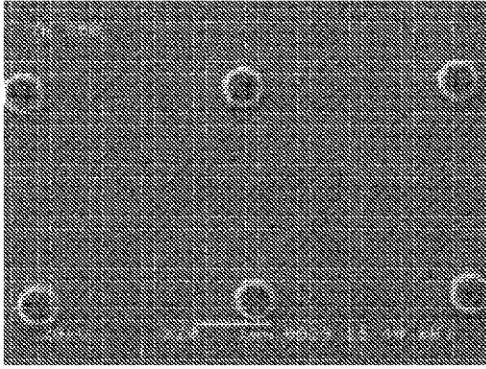



Fig. 6C

【 7 A】

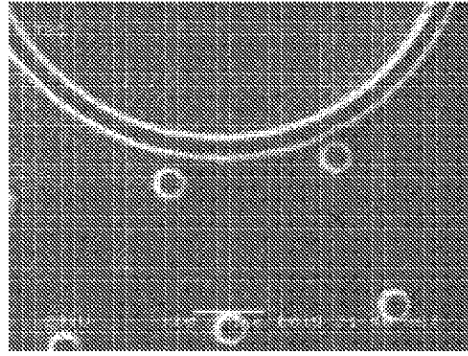



Fig. 7A

10

【 7 B】

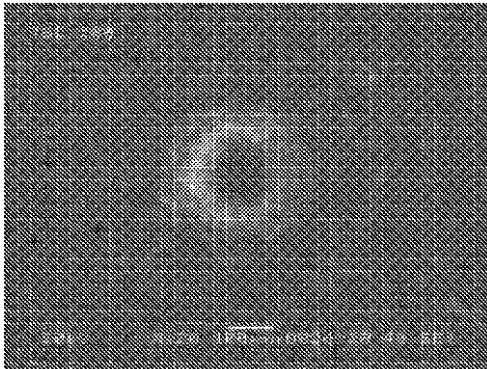



Fig. 7B

【 7 C】

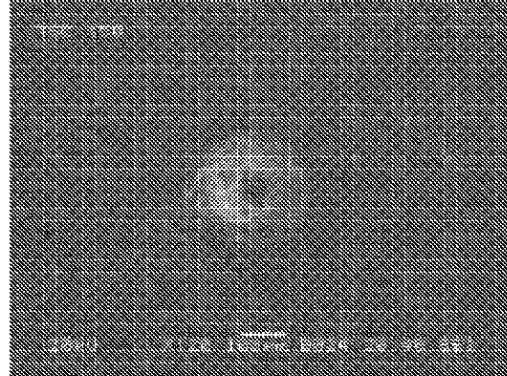


Fig. 7C

20

30

40

50

【 図 8 】

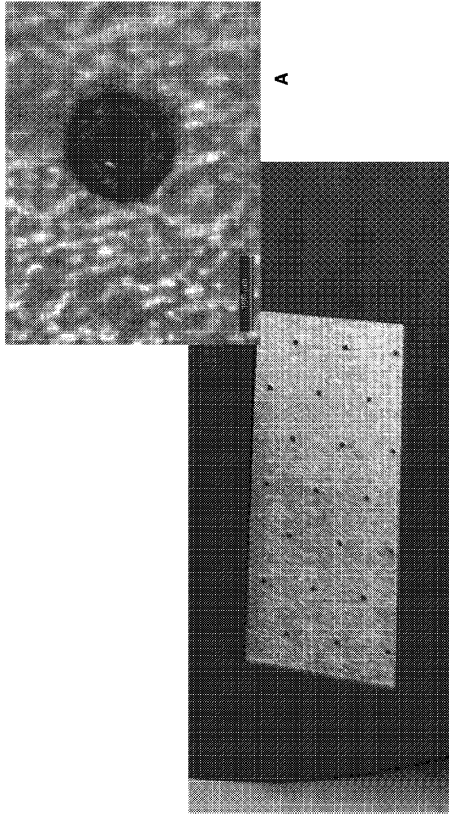
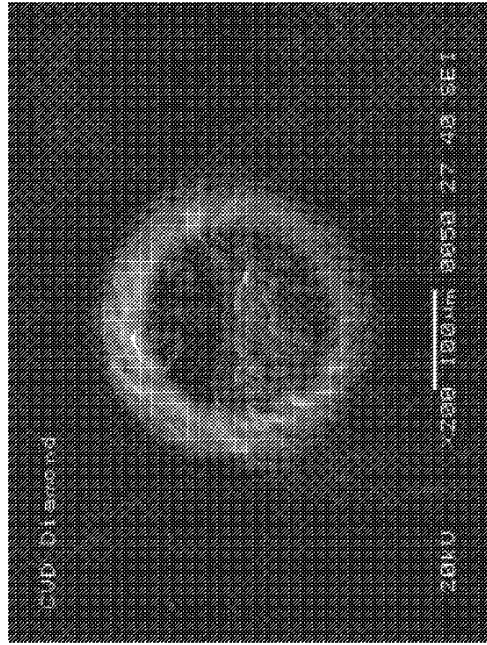


Fig. 8

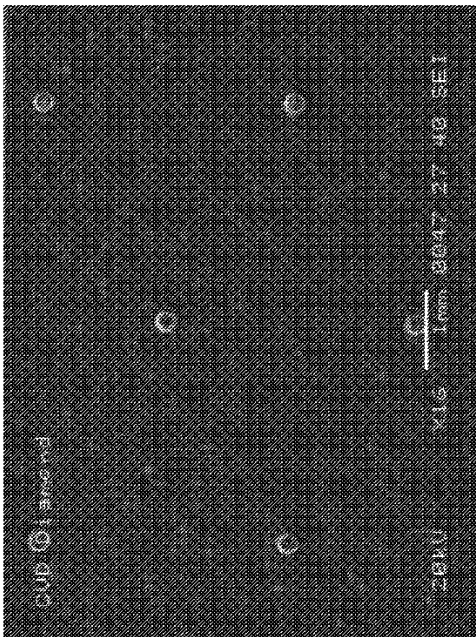
【 図 9 A 】



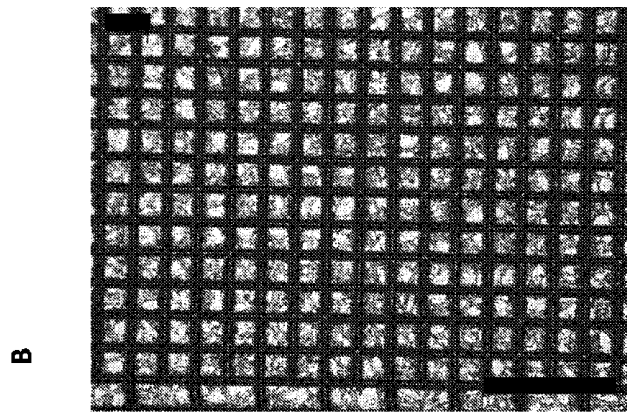
10

20

【 図 9 B 】



【 図 10 A 】




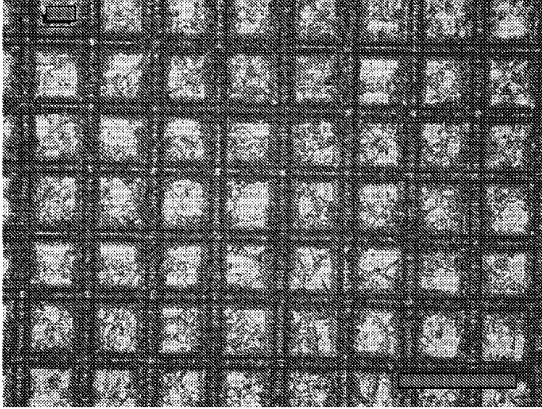
30


Fig. 10A

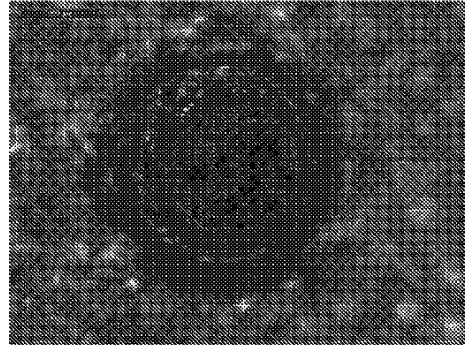
40

50

【 1 0 B】




【 1 1 A】

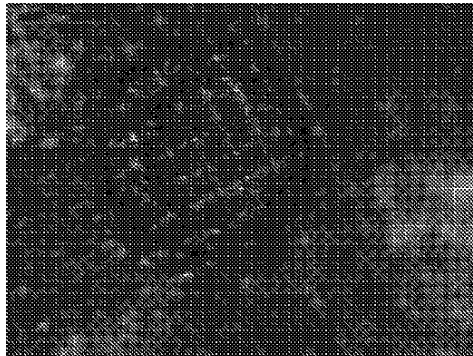


A


10

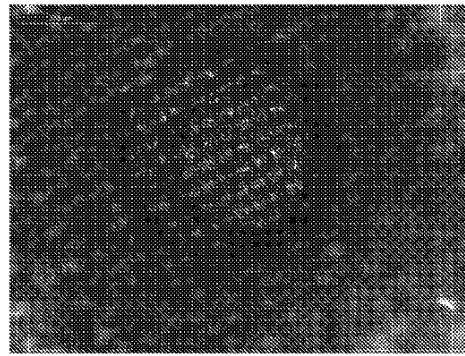
Fig. 10B

【 1 1 B】



B

【 1 1 C】



C

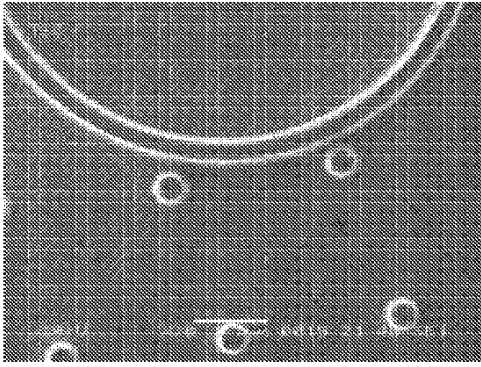
20

30

40

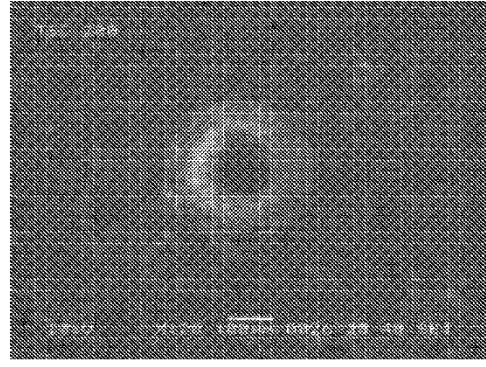
50

【図 12 A】



A

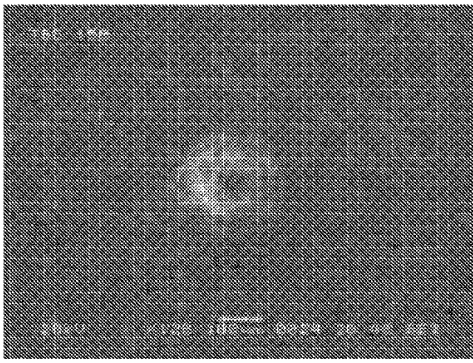
【図 12 B】



B

10

【図 12 C】



C

【図 13 A - 13 B】

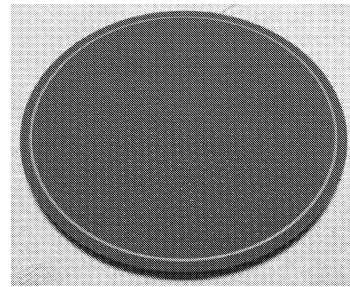


図 13A (従来技術)

20

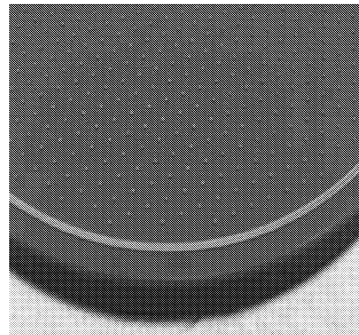



図 13B (従来技術)

30

40

50

【 14】

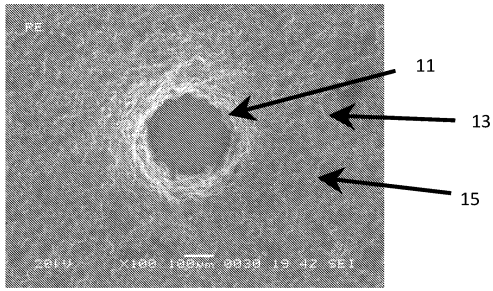


图 14 (従来技術)

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

アメリカ合衆国 コネチカット州 06470, ニュータウン, ペックスレーン 31, スイート
8, エム キューブド テクノロジーズ, インコーポレイテッド

(72)発明者 アーガジャン, マイケル ケー.

アメリカ合衆国 デラウェア州 19711, ニューアーク, トラリーインダストリアルパーク 1
, エム キューブド テクノロジーズ, インコーポレイテッド

審査官 山下 浩平

(56)参考文献

特開2012-119378(JP, A)

国際公開第2016/009103(WO, A2)

特開2006-122989(JP, A)

特表2014-504458(JP, A)

米国特許出願公開第2016/0354864(US, A1)

米国特許出願公開第2016/0276203(US, A1)

特表2011-521470(JP, A)

特開2001-269793(JP, A)

特開平07-284967(JP, A)

特開2012-009720(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B23K 26/00 - 26/70

H01L 21/68