

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4718835号
(P4718835)

(45) 発行日 平成23年7月6日(2011.7.6)

(24) 登録日 平成23年4月8日(2011.4.8)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 8 D 5/04 (2006.01)

B 2 8 D 5/04

A

B 2 3 K 26/12 (2006.01)

B 2 3 K 26/12

B 2 3 K 26/38 (2006.01)

B 2 3 K 26/38

B 2 3 K 26/40 (2006.01)

B 2 3 K 26/40

H O 1 L 21/301 (2006.01)

H O 1 L 21/78

B

請求項の数 23 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-526895 (P2004-526895)
 (86) (22) 出願日 平成15年8月6日(2003.8.6)
 (65) 公表番号 特表2005-534545 (P2005-534545A)
 (43) 公表日 平成17年11月17日(2005.11.17)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2003/008706
 (87) 国際公開番号 W02004/015753
 (87) 国際公開日 平成16年2月19日(2004.2.19)
 審査請求日 平成18年7月28日(2006.7.28)
 (31) 優先権主張番号 2002/0655
 (32) 優先日 平成14年8月6日(2002.8.6)
 (33) 優先権主張国 アイルランド (IE)
 (31) 優先権主張番号 0224585.0
 (32) 優先日 平成14年10月22日(2002.10.22)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 593141632
 エレクトロ サイエнтиフィック イン
 ダストリーズ インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国 97229 オレゴン州
 ポートランド エヌ ダブリュ サイエ
 ンス パーク ドライブ 13900
 (74) 代理人 110000198
 特許業務法人湘洋内外特許事務所
 (72) 発明者 ボイル、エイドリアン
 アイルランド国、カウンティー キルデア
 、モナステレヴィン、トガー グローブ
 9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー機械加工法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ケイ素体を紫外線波長または緑色可視光波長レーザー光線で機械加工する方法であって、

前記機械加工する方法は、ビア構造およびダイス列の少なくとも1つの機械加工を含み、

a. 冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体を、ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体を気体転移温度よりも低く維持するための冷却回路を通過させ、ケイ素体が入っている液浴に入れ、少なくとも部分的に該液浴を冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体で満たす工程、

b. 液浴内の前記ケイ素体の機械加工位置に前記レーザー光線を指向させる工程、

c. 前記機械加工位置において、前記ケイ素体と前記液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体との化学反応を起こさせるために、該ケイ素体の機械加工位置近傍において、該液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体を気体転移温度よりも充分に高くなるように、レーザー光線で局所的に加熱する工程、および

d. 前記液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む液体の環境から、前記化学反応の副生成物のガスを排出させ、前記化学反応の副生成物の固体粒子は前記液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体に分散させる工程

からなることを特徴とする方法。

【請求項 2】

液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む液体の環境にする前記工程は、テトラフルオロエタン環境にすることを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む液体の環境にする前記工程は、液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体を収容するための環境チャンバ下におくことからなる請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体の冷却物を供給する前記工程は、該冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体の冷却物の温度を機械加工前、機械加工中および機械加工後において制御することからなる請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 5】

冷却液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む冷却液体の環境にする前記工程は、該冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体を少なくとも前記機械加工位置に送るためのエアゾールノズル手段を準備することを含む請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

冷却液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む冷却液体の環境にする前記工程は、フッ素、塩素、臭素およびヨウ素の群から選ばれるハロゲンを含有するハロカーボンを供給することを含む請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

20

ケイ素体を機械加工する前記工程は、ケイ素体の熱負荷を制御することによってケイ素体への熱的損傷を実質的に防止する為に、該ケイ素体の温度を制御することを含む請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 8】

ケイ素体を機械加工する前記工程は、ケイ素を有効割合で含有する物体を機械加工する工程を含む請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

ケイ素を有効割合で含有する物体を機械加工する前記工程は、多層構造体を機械加工する工程を含む請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

30

多層構造体を機械加工する工程は、半導体、金属、層間誘電体、セラミック材料を有する多層構造体を機械加工することを含む請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

紫外線波長または緑色可視光波長レーザーと、

冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体を、ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体の気体転移温度よりも低く維持するための冷却回路を通過させ、ケイ素体が入っている液浴に入れ、少なくとも部分的に該液浴を冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体で満たす手段と、

前記液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む液体の環境にある液浴内の前記ケイ素体の前記機械加工位置にレーザー光線を指向させる手段と、

40

前記機械加工位置において、前記ケイ素体と前記液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体との化学反応を起こさせるために、該ケイ素体の機械加工位置近傍において、

該液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体を、気体転移温度よりも十分に高くなるように、レーザー光線で局所的に加熱する手段と、

該ケイ素体を機械加工位置においてレーザー光線で機械加工することにより、液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体に、副生成物のガスおよび固形粒子が分散させる手段と、

液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む液体の環境からの副生成物のガスを排出させるための排出口、

とからなるケイ素体におけるビア構造およびダイス列の少なくとも 1 つを機械加工するレ

50

ーザー機械加工装置。

【請求項 1 2】

前記冷却液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む冷却液体の環境にする手段は、液体ハロカーボン環境にするようにアレンジされることを含む請求項 1 1 に記載のレーザー機械加工装置。

【請求項 1 3】

前記液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む液体の環境にする手段は、テトラフルオロエタン環境にする手段を含む、請求項 1 1 に記載のレーザー機械加工装置。

【請求項 1 4】

前記冷却液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む冷却液体の環境にする手段は、液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体を収容する環境チャンバを含む請求項 1 1 から 1 3 までに記載のレーザー機械加工装置。

10

【請求項 1 5】

前記環境チャンバは前記冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体の冷却物の浴手段からなる請求項 1 4 に記載のレーザー機械加工装置。

【請求項 1 6】

前記環境チャンバは前記冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体の流入口並びに流出口、および気体排出口を備える請求項 1 4 または 1 5 に記載のレーザー機械加工装置。

【請求項 1 7】

前記環境チャンバは前記レーザー光線を該環境チャンバに導入するための、該レーザー光線を透過する窓を備える請求項 1 4 から 1 6 のいずれかに記載のレーザー機械加工装置。

20

【請求項 1 8】

前記窓は反射防止被覆されている請求項 1 7 に記載のレーザー機械加工装置。

【請求項 1 9】

前記冷却液体ハロゲン化物または前記ハロカーボンを含む液体の冷却物を前記環境チャンバに供給するための冷却手段を備える請求項 1 1 から 1 8 に記載のレーザー機械加工装置。

【請求項 2 0】

前記冷却手段は、前記冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む冷却液体の温度を機械加工前、機械加工中および機械加工後において制御するようにアレンジされている請求項 1 9 に記載のレーザー機械加工装置。

30

【請求項 2 1】

前記冷却液体ハロゲン化物環境またはハロカーボンを含む冷却液体の環境にする手段は、該液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体を、少なくとも機械加工位置に送るためのエアゾールノズル手段を備える請求項 1 1 から 2 0 のいずれかに記載のレーザー機械加工装置。

【請求項 2 2】

前記機械加工位置で機械加工される前記ケイ素体の温度を制御するための温度制御手段を備え、該ケイ素体の熱負荷を制御することによって前記ケイ素体への熱的損傷を実質的に防止するようにアレンジされた手段を備える請求項 1 1 から 2 1 のいずれかに記載のレーザー機械加工装置。

40

【請求項 2 3】

レーザー光線を指向させるためのテレセントリックレンズ手段をさらに備え、前記テレセントリックレンズ手段の視野を前記冷却液体ハロゲン化物またはハロカーボンを含む液体の冷却物の流れが実質的に満たす請求項 1 9 に記載のレーザー機械加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

50

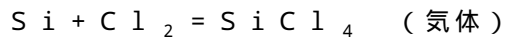
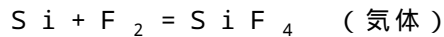
本発明は特に、ケイ素を少なくとも有効な割合で含有する物体のレーザー機械加工法に関する。

【背景技術】

【0002】

ケイ素は全てのハロゲン類と激しく反応して四ハロゲン化ケイ素類を生成する。したがって、シリコンはフッ素 F_2 、塩素 Cl_2 、臭素 Br_2 およびヨウ素 I_2 と反応して、それぞれ、フッ化ケイ素 SiF_4 、塩化ケイ素 $SiCl_4$ 、臭化ケイ素 $SiBr_4$ およびヨウ化ケイ素 SiI_4 を生成する。フッ素との反応は室温で生じるが、その他のものとの反応は300 を超える加熱を必要とする。

【0003】



米国特許第5,266,532A号および第5,322,988A号から知られてもいるように、ハロカーボンの存在はケイ素のアブレーション(融触)を促進する。ハロカーボンとケイ素との反応の1例は



である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ハロカーボンとケイ素との反応は自然発生的ではない。その反応はシリコンの融解閾値を越えたエネルギーでのみ生じ、したがって非常に局在化されており、かつ、ウエハダイシングやピア形成や表面パターン形成の如き、1段法によるケイ素体の微細機械加工への応用に適している。

【0005】

本発明の目的は、従来技術のものと比較して高度化されたケイ素体機械加工法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第1態様によれば、ケイ素体をレーザー光線で機械加工するレーザー機械加工装置であって、ケイ素体の少なくとも機械加工位置を液体ハロゲン化合物環境にする工程、レーザー光線を該液体ハロゲン化合物環境下にあるケイ素体機械加工位置に指向させる工程、ケイ素体と液体ハロゲン化合物との化学反応を該機械加工位置において十分に起こさせるために該ケイ素体の機械加工位置近傍において該液体ハロゲン化合物をレーザー光線で局所的に加熱する工程、および該ケイ素体を該機械加工位置でレーザー光線により機械加工することで該化学反応を該機械加工位置において起こさせる工程を備える方法が提供される。

【0007】

液体ハロゲン化合物環境にする前記工程は、液体ハロカーボン環境にすることを備えることが有利である。

【0008】

レーザー光線を指向させる前記工程は、紫外線波長レーザー光線を指向させることを含むことが好ましい。

【0009】

または、レーザー光線を指向させる前記工程は、緑色可視光波長レーザー光線を指向させることを含んでも良い。

【0010】

液体ハロゲン化合物環境にする前記工程は、液体ハロゲン化合物を収容するための環境チャンバを準備することを含むことが便利である。

【0011】

10

20

30

40

50

液体ハロゲン化合物環境にする前記工程は、冷却液体ハロゲン化合物を供給することを含むことが好ましい。

【0012】

冷却液体ハロゲン化合物下に置く前記工程は、冷却液体ハロゲン化合物の温度を機械加工前、機械加工中および機械加工後において制御することを含むことが好ましい。

【0013】

または、液体ハロゲン化合物環境にする前記工程は、該液体ハロゲン化合物を少なくとも機械加工位置に送るためのエアゾールノズル手段を準備することを含んでも良い。

【0014】

液体ハロゲン化合物環境にする前記工程は、フッ素、塩素、臭素およびヨウ素の群から選ばれるハロゲンを含有するハロカーボンを提供することを含むことが便利である。

10

【0015】

ケイ素体を機械加工する前記工程は、ケイ素体の熱負荷を制御することによってケイ素体への熱的損傷を実質的に防止するために該ケイ素体の温度を制御することを含むことが有利である。

【0016】

本発明の第2態様によれば、レーザー、該レーザーからのレーザー光線を機械加工位置に指向させる手段、および少なくとも該機械加工位置の周囲を液体ハロゲン化合物管理環境にする手段を備えるレーザー機械加工装置が提供される。

【0017】

20

液体ハロゲン化合物管理環境にする前記手段は、液体ハロカーボンが管理された環境にするようにアレンジ（配置）されることが有利である。

【0018】

液体ハロゲン化合物管理環境にする前記手段は、環境チャンバ手段を備えることが便利である。

【0019】

前記環境チャンバ手段は冷却液体ハロゲン化合物の浴手段を備えることが好ましい。

【0020】

前記環境チャンバ手段は液体ハロゲン化合物の流入口並びに流出口、および気体排出口を備えることが好ましい。

30

【0021】

前記環境チャンバ手段はレーザー光線を環境チャンバ手段に導入するための、該レーザー光線を透過する窓を備えることが好ましい。

【0022】

前記窓は反射防止被覆されていることが好ましい。

【0023】

前記レーザー機械加工装置は、環境チャンバ手段に冷却液体ハロゲン化合物を供給するための冷却手段をさらに備えることが好ましい。

【0024】

前記冷却手段は、機械加工前、機械加工中および機械加工後に液体ハロゲン化合物の温度を制御するためにアレンジされていることが有利である。

40

【0025】

液体ハロゲン化合物管理環境にする前記手段は、液体ハロゲン化合物を少なくとも機械加工位置に送るためのエアゾールノズル手段を備えることが好ましい。

【0026】

レーザーは紫外線波長で発光することが好ましい。

【0027】

または、レーザーは緑色可視光波長で発光してもよい。

【0028】

レーザー機械加工装置はさらに、機械加工位置で機械加工される物体の温度を制御する

50

ための温度制御手段であって、該物体の熱負荷を制御することによって該物体への熱的損傷を実質的に防止するようにアレンジされた手段を備えることが好ましい。

【0029】

レーザー機械加工装置は、レーザー光線を指向させるための、視野が冷却液体ハロゲン化合物の流れにより実質的に満たされているテレセントリック（遠隔中心）レンズ手段をさらに備えることが好ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

本発明は、その態様について添付図面を参照して例示的になされる以下の説明からより明確に理解されるであろう。ここで、図1は、本発明に係るレーザー機械加工装置の斜視図であり、図2は、図1のレーザー機械加工装置の平面図である。これら図面において、同じ符号は同じ部分を示す。

10

【0031】

図1および図2に示すように、レーザー機械加工装置1は、液体流入口3を有するステンレス鋼製閉鎖容器2、液体流出口4、および気体排出口5を備える。光学系10は閉鎖容器の上方に設置されている。密閉液浴が、紫外線レーザー光線をその浴中のシリコンウエハWに到達させるための、レーザー光線を透過する反射防止被覆窓15によって完成されている。または、レーザー発光の緑色可視光を用いてもよい。

【0032】

使用に際し、ウエハWを閉鎖容器2内に置き、テトラフルオロエタンといった冷却液体ハロゲン化合物を、流入口3を介して液浴中にポンプ注入する。または、フッ素、塩素、臭素またはヨウ素の如きハロゲンを生成するその他の液体ハロゲン化合物、特に液体ハロカーボンを用いてもよい。流入口3および流出口4は冷却回路内にあって、液温が特定の液体ハロゲン化合物の気体転移温度より低く維持されるようになっている。液浴は少なくともこの液体で満たされている。

20

【0033】

機械加工される基板Wの温度と活性流体の温度を、機械加工の効率を向上させ、かつ機械加工の質を向上させるために機械加工前、機械加工中および機械加工後において制御してもよい。

【0034】

周囲環境内のウエハ基板Wの温度は、基板における熱負荷を減少させてそれにより基板への熱的損傷を防止することによってレーザー機械加工中の大半の熱制御を可能にするために変化させてもよい。

30

【0035】

紫外光線6は、所望の機械加工操作のためにウエハW上の所望の機械加工部分に指向される。局所的に、その機械加工部分において、レーザー光線はケイ素体を加熱して、即周辺の液体が共にその気体転移温度より高く加熱され、かつケイ素体と気体の両者の温度が反応を起こすために充分であるようになっている。この状態では副生成物の大部分が気体であり、気体排出口5から放出される。固体粒子状のものは液体中に分散され、ウエハ表面上には堆積しない。

40

【0036】

この装置の利点は、機械加工される基板の表面の比較的大面積にわたって液体ハロゲン化合物を分配させることができ、従って効率的で均一な機械加工を可能にすることである。ウエハ基板内のビア構造、ダイス列またはスクライプ列を、検流計を基にしたスキャナー（走査器）とテレセントリックレンズと線形XY電動テーブルとを用いてレーザー機械加工をするために、冷却ハロゲン化合物の流れを最適化してテレセントリックレンズの視野（例えば、典型的には50mm×50mmの寸法）を完全に満たすようにすることができる。冷却ハロゲン化合物が視野全体にわたって存在し、かつXYテーブルを移動させる必要がないため、視野内の機械加工される全ての造作対象物を極めて効率的に機械加工することができる。また、視野内の機械加工される全ての造作対象物は、視野内に冷却ハロ

50

ゲン化合物が均等に分配されることにより均一（即ち、それらは同様の深さと質）に機械加工される。

【 0 0 3 7 】

したがって、本発明によれば、極めて効率的で高品質のレーザー機械加工が提供されることは明らかであろう。

【 0 0 3 8 】

本発明は上述の態様に限定されず、構成と詳細において変更し得るものである。例えば、前記液体はハロカーボンと他の液体との混合物からなってもよい。また、前記環境チャンバは部分的に冷却ハロカーボンで満たされ、残余部分は気体で満たされていてもよい。また、紫外線レーザーのみならず、緑色レーザーも代わりに用いることができる。また、二以上の流入口があって他の液体や気体を環境チャンバに入れてもよい。

10

【 0 0 3 9 】

本発明をケイ素体の機械加工について説明してきたが、本発明は、少なくとも、ケイ素を有効割合で含有する如何なる物体のレーザー機械加工に適用される。そのような物体の一例は数層の半導体、金属、層間誘電体やセラミック材料を有する多層構造体である。この多層構造体を、個々の材料層を最も効果的に機械加工すべく液体の種類とレーザー波長を選択しながら、環境チャンバ内で部分的または全体的に機械加工することができる。複数の異なる層の機械加工に関しては、液体の種類を次の層の機械加工に最も適した代替液に置き換えることができる。

【 0 0 4 0 】

20

環境チャンバにおけるレーザー機械加工に引き続いて、基板を移動させ、必要に応じて回転・水洗・乾燥の超音波並びに極超音波洗浄といった従来の手法により清浄する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 1 】

【図 1】図 1 は、本発明に係るレーザー機械加工装置の斜視図である。

【図 2】図 2 は、図 1 のレーザー機械加工装置の平面図である。

【図 1】

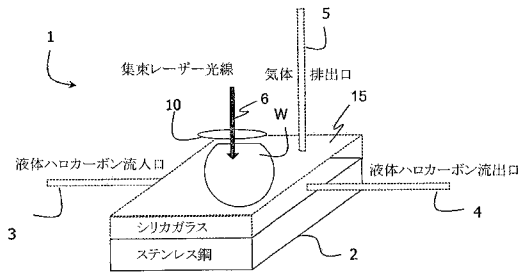


図1

【図 2】

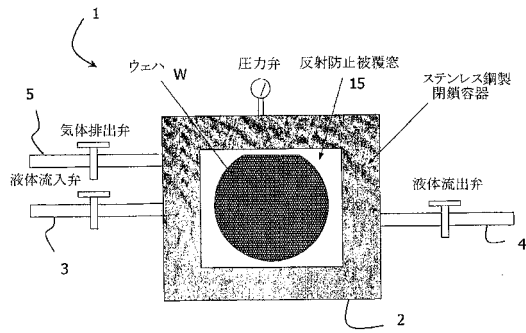


図2

フロントページの続き

(72)発明者 ファルサリ、マリア
ギリシャ共和国、ヘラクリオン 71307、スパサリオ 5、セカンド パラドス ニック

審査官 栗田 雅弘

(56)参考文献 国際公開第97/024768(WO, A1)
特公平03-004319(JP, B2)
国際公開第95/007152(WO, A1)
特許第2785842(JP, B2)
米国特許出願公開第2002/0050489(US, A1)
特開平06-031479(JP, A)
特開昭61-053731(JP, A)
特表平10-506201(JP, A)
特開2002-224878(JP, A)
特開昭63-094657(JP, A)
LIM P, LASER-ASSISTED LIQUID FILM ETCHING, APPLIED PHYSICS LETTERS, 米国, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 1993年 6月21日, V62 N25, P3345-3347
SVORCIK V, LASER-STIMULATED ETCHING OF n-Si IN AQUEOUS SOLUTIONS, MATERIALS LETTERS, N L, NORTH HOLLAND PUBLISHING COMPANY, 1990年 3月 1日, V9 N5/6, P204-206

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B28D 5/04
B23K 26/12
B23K 26/38
B23K 26/40
H01L 21/301