

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4776911号  
(P4776911)

(45) 発行日 平成23年9月21日(2011.9.21)

(24) 登録日 平成23年7月8日(2011.7.8)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H O 1 L 21/301 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/78 B
<b>B 2 3 K 26/06 (2006.01)</b>	B 2 3 K 26/06 A
<b>B 2 3 K 26/38 (2006.01)</b>	B 2 3 K 26/38 3 2 O
<b>B 2 3 K 26/40 (2006.01)</b>	B 2 3 K 26/40
<b>B 2 3 K 101/40 (2006.01)</b>	B 2 3 K 101:40

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2004-335395 (P2004-335395)  
 (22) 出願日 平成16年11月19日(2004.11.19)  
 (65) 公開番号 特開2006-147817 (P2006-147817A)  
 (43) 公開日 平成18年6月8日(2006.6.8)  
 審査請求日 平成19年11月19日(2007.11.19)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 西脇 正行  
 東京都大田区下丸子3丁目30番地2号キ  
 ヤノン株式会社内  
 (72) 発明者 井利 潤一郎  
 東京都大田区下丸子3丁目30番地2号キ  
 ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置およびレーザ加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光を被割断部材に集光して前記被割断部材を加工するレーザ加工装置であって、前記被割断部材を保持するステージと、

加工用のレーザ光の集光位置を調整するレーザ光集光位置調整機構を備えた第1の光学系と、

観察用のレーザ光を前記被割断部材に導く第2の光学系と、

前記第1の光学系と前記第2の光学系とに共有されて前記被割断部材表面と対向する対物レンズと、

前記第1及び前記第2の光学系と前記対物レンズを備え、前記第1及び前記第2の光学系と前記対物レンズの位置を一体に変化させることで、前記第1及び前記第2の光学系の焦点位置を共に調整する自動焦点機構と、

を有し、加工中は、前記自動焦点機構が駆動して、前記対物レンズと前記被割断部材の表面との間隔が維持されることで前記観察用のレーザ光の焦点位置が前記被割断部材の表面に合わされるとともに、前記レーザ光集光位置調整機構により加工用のレーザ光の集光位置が調整されることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】

レーザ光集光位置調整機構は、アフォーカル光学系から射出される光線の角度を変えることでレーザ光集光位置を変位させることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工装置

## 【請求項 3】

アフォーカル光学系は、第 1 の光学系の光軸方向に当該アフォーカル光学系を構成するレンズを変位させることで射出される光線の角度を変えることを特徴とする請求項 2 に記載のレーザ加工装置。

## 【請求項 4】

レーザ光を被割断部材に集光して前記被割断部材を加工するレーザ加工方法であって、ステージに前記被割断部材を保持する工程と、

集光位置を調整するレーザ光集光位置調整機構を備えた第 1 の光学系を介して加工用のレーザ光を被測定物に照射する工程と、

第 2 の光学系を介して、観察用のレーザ光を前記被割断部材に導く工程と、前記第 1 及び前記第 2 の光学系と、前記第 1 の光学系と前記第 2 の光学系とに共有された対物レンズとを備え、前記第 1 及び前記第 2 の光学系と前記対物レンズの位置を一体に変化させる自動焦点機構が、前記第 1 及び前記第 2 の光学系の焦点位置を共に調整する工程と、を有し、

加工中は、前記自動焦点機構が駆動して、前記対物レンズと前記被割断部材の表面との間隔を維持することで前記観察用のレーザ光の焦点位置を前記被割断部材の表面に合わすとともに、前記レーザ光集光位置調整機構により加工用のレーザ光の集光位置を調整することを特徴とするレーザ加工方法。

## 【請求項 5】

レーザ光集光位置調整機構は、アフォーカル光学系から射出される光線の角度を変えることでレーザ光集光位置を変位させることを特徴とする請求項 4 に記載のレーザ加工方法。

## 【請求項 6】

アフォーカル光学系は、第 1 の光学系の光軸方向に当該アフォーカル光学系を構成するレンズを変位させることで射出される光線の角度を変えることを特徴とする請求項 5 に記載のレーザ加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、被割断部材を割断するために被割断部材内部にレーザ光を集光させて内部加工領域を形成するレーザ加工装置およびレーザ加工方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

被割断部材内部にレーザ光を集光させて割断することで、被割断部材の表面を複数の領域に分離する技術がある。その一例として例えば、シリコンウエハ等の半導体基板をチップ状に精密切断する等の場合に、従来、幅数十～数百 $\mu\text{m}$ の円周形状のブレードを高速回転させ、ブレード表面の研磨材が基板を研削することによって切断するブレードダイシング法が知られている。この際、切断に伴う発熱や磨耗を低減させるために、切断面には冷却水を噴射するが、切断に伴って発生する基板自体の切屑や研磨材の微粒子、基板と加工テーブルを固定する粘着テープの粘着剤粒子等のゴミが冷却水に混ざって広範囲に飛散する。特に、基板が半導体基板の場合には、その基板表面には微細な機能素子が多数形成されているので、機能素子そのものの信頼性に重大な影響を及ぼすおそれがある。

## 【0003】

この問題を解決するためには、切断に冷却水を用いず、ドライな環境で実施できることが望ましい。そこで、基板に吸収性の高い波長のレーザ光を基板表面に集光させて、基板を切断する加工方法が用いられる。しかしこの方法では、基板表面で、切断部の周辺も熱溶融してしまうという問題がある。特に、基板が半導体基板の場合には基板上に設けられたロジック回路等を損傷させる問題がある。また、レーザ加工はレーザ入射側から射出側へ基板を溶融して進行するため、基板表面には溶融物の再凝固物が付着してゴミになってしまう。従って、ブレードダイシングと同様、ゴミに起因する問題が発生する。

10

20

30

40

50

## 【0004】

また、基板内部に吸収性の高いレーザー光を集光することによって基板を切断する加工方法として、例えば特許文献1および特許文献2に開示された方法は、被加工材料である基板に対して透過性の高い特定波長のレーザー光を、基板の内部に集光して形成した内部加工領域を切断の起点とするもので、基板表面に溶融領域を形成しないため、ゴミの少ない切断を可能とするものである。

## 【0005】

このような変質層形成のためのレーザー光は、加工位置観察のための顕微鏡対物レンズを通して基板内部に集光する。レーザー加工は、その集光状態を保ちながら、基板を割断予定線に沿ってステージなどのアクチュエータで駆動しつつ行われる。

10

【特許文献1】特開2002-192370号公報

【特許文献2】特開2002-205180号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかし、上記の方法では、被割断部材の一例である基板表面の割断予定線に沿って正確に基板を割断するためには、割断予定線の直下の基板内部にレーザー光を集光させなければならないが、そのためには、レーザー加工中においても顕微鏡対物レンズ等を用いてレーザー光の基板表面への照射状態を観察し続けることが必要である。ところが、その顕微鏡対物レンズは、一方で基板内部の集光位置へのレーザー光の集光にも用いられているので、基板表面の観察と基板内部の任意の位置へのレーザー光集光という機能を同時に果たす必要があった。

20

## 【0007】

また、レーザー光をシリコン基板内部の一定位置に保つためには、シリコン表面はシリコン基板下の受け台や、シリコン基板自体のもつ変形を考慮した加工方式が必要となってくる。

## 【0008】

しかしながら、通常は自動焦点機構を用いてシリコン表面に顕微鏡対物レンズのピントを合わせ、加工することになるが、このままでは顕微鏡対物レンズは自動焦点機構に組み込まれているため、観察用の光学系の焦点を調整している間は、レーザー光集光用の光学系による基板内部の任意の位置へのレーザー光の集光ができなかった。

30

## 【0009】

特に、基板がシリコンウエハの場合では、シリコン基板および素子形成の際の工業的誤差等により、割断予定線とその直下に位置すべきレーザー光の集光点との間にずれが存在する場合は、上記のレーザー加工方法では亀裂が基板の表面に進行する過程で割断予定線を逸脱し、素子部のロジック回路等を破壊する可能性が高い。基板がインクジェットノズル等の吐出口が形成された液体吐出ヘッドの素子基板では、吐出口の下にインク等液体を供給するための開口構造が存在するため、亀裂がそれらに進展し、基板を破壊するという問題があった。

## 【0010】

本発明の目的は、共通する対物レンズを用いて被割断部材内部にレーザー光を集光したレーザー加工と自動焦点された表面観察を同時に行うことを可能とするレーザー加工装置およびレーザー加工方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

## 【0011】

上記目的を達成するための本発明は、レーザー光を被割断部材に集光して前記被割断部材を加工するレーザー加工装置であって、

前記被割断部材を保持するステージと、

加工用のレーザー光の集光位置を調整するレーザー光集光位置調整機構を備えた第1の光学系と、

50

光学系の焦点位置を調整する自動焦点機構を備え、観察用のレーザ光を前記被割断部材に導く第2の光学系と、

前記第1の光学系と前記第2の光学系とに共有されて前記被割断部材表面と対向する対物レンズと、

を有し、加工中は、前記自動焦点機構が前記対物レンズを駆動して、前記対物レンズと前記被割断部材の表面との間隔が維持されることで前記観察用のレーザ光の焦点位置が前記被割断部材の表面に合わされるとともに、前記レーザ光集光位置調整機構により加工用のレーザ光の集光位置が調整されることを特徴とするレーザ加工装置である。

【0012】

また、上記目的を達成するための他の本発明は、レーザ光を被割断部材に集光して前記被割断部材を加工するレーザ加工方法であって、

ステージに前記被割断部材を保持する工程と、

集光位置を調整するレーザ光集光位置調整機構を備えた第一の光学系を介して加工用のレーザ光を被測定物に照射する工程と、

光学系の焦点位置を調整する自動焦点機構を備えた第2の光学系を介して、観察用のレーザ光を前記被割断部材に導く工程と、

を有し、

加工中は、前記自動焦点機構が前記第1の光学系と前記第2の光学系とに共有され、前記被割断部材の表面と対向する対物レンズを駆動して、前記対物レンズと前記被割断部材の表面との間隔を維持することで前記観察用のレーザ光の焦点位置を前記被割断部材の表面に合わすとともに、前記レーザ光集光位置調整機構により加工用のレーザ光の集光位置を調整することを特徴とするレーザ加工方法である。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、レーザ加工用のレーザ光集光位置調整および自動焦点調整を独立させることで被割断部材内部のレーザ光集光位置（加工位置）と被割断部材表面の自動焦点調整とが任意に設定可能となるので、1つの対物レンズを用いて被割断部材内部の任意の位置のレーザ加工と自動焦点された表面観察とを同時に行いながら、割断予定線に対する精度を保ちつつレーザ光による被割断部材の内部加工領域の形成といった内部加工が可能となる。これにより、割断予定線に沿った精度の高い割断を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

図1において被割断部材の一実施例としてのシリコン基板10を用いて説明する。

【0015】

基板表面からの内部の所定の深さに位置する基板内部の集光点にレーザ光を集光させ、基板表面11に到達しない内部加工領域（例えば、溶融、亀裂、結晶構造が変化した状態等をいう。）を形成する。ここでは、内部亀裂12（12a～12c）を形成する。その際に、1つの対物レンズを用いて基板内部の所定の位置のレーザ加工と自動焦点された表面観察とを同時に行うことができるように、レーザ加工用集光位置調整と観察用自動焦点調整とを独立して調整可能に構成する。これにより、レーザ加工位置と観察位置とを任意に設定することが可能となり、割断予定線の直下の基板内部に、レーザ光による内部加工領域の形成といった内部加工が行われる。

【0016】

また、内部加工領域形成のための加工用レーザ光の光学系にアフォーカル光学系を用い、このアフォーカル光学系は、光学系の光軸方向に当該アフォーカル光学系を構成するレンズを変位させることでアフォーカル光学系のパワーを変化させ、射出される光線の角度を変えて、基板内部のレーザ光集光位置を任意に設定することができる。

【実施例】

【0017】

図2に、本発明に係る基板の一実施例として、シリコン基板表面に碁盤の目状に多数の

10

20

30

40

50

インクジェットヘッドチップが作りこまれたシリコンウエハを示す。図2の(a)、(b)に示すシリコン基板10は、同図の(c)に示すように、表面が(100)面に形成された、厚み625 $\mu\text{m}$ のシリコンウエハ1を基体とし、シリコンウエハ1の表面には、厚さ1 $\mu\text{m}$ 程度の酸化膜2が形成され、その上には、インク等液体吐出用の機構、およびそれらを駆動するロジック素子、配線等を内蔵したエポキシ樹脂製の構造物であるノズル層3が配置され、各ロジック素子部10aを構成している。

#### 【0018】

このように液体吐出用の機構等を内蔵したノズル層3の直下に、開口部である液体供給口(インク供給口)4をシリコンウエハ1の異方性エッチングにより形成する。ノズル層3は、製造工程の最終段階でシリコンウエハ1を各素子チップに切断できるように、互いに切断予定線Cを挟んで配置される。切断予定線Cはシリコンウエハ1の結晶方位に沿って形成され、隣接するノズル層3の間隔Sは最小で400 $\mu\text{m}$ 程度である。

10

#### 【0019】

図3はシリコン基板10を個々の素子チップとなるロジック素子部10aに分離する切断プロセスを説明するフローチャートであり、このプロセスは、ステップ1のテープマウント工程、ステップ2のウエハ補正工程、ステップ3の表面線状加工工程(表面加工工程)、ステップ4の内部亀裂形成工程(内部加工領域形成工程)、ステップ5の切断工程、ステップ6のリペア工程、ステップ7のピックアップ工程の7工程からなる。ここでは、ステップ1~ステップ5までの各工程について説明する。

#### 【0020】

(テープマウント工程)

図4に示すように、シリコン基板10は、まず、切断までの工程で素子が分離するのを防止するためのテープマウントを行う。テープマウントは、ダイシングフレームMが貼り付けられた、粘着性を有するダイシングテープTをシリコン基板10の裏面に貼り付けることによりなる。

20

#### 【0021】

ダイシングテープとしては、紫外線硬化型あるいは感圧型粘着剤が塗工された粘着テープや、自己粘着層を有する粘着テープを用いる。

#### 【0022】

(ウエハ補正工程)

上述のようにシリコン基板10の表面に形成される樹脂層であるノズル層3は硬化時に熱収縮を起こすため、シリコン基板10の全体が図5の(a)に示すように変形している。このように変形した状態で、後述のレーザー照射を行うと基板表面11で局部的に入射角度が異なり、精度よく加工することができない。したがって予めこの変形を矯正しておく必要がある。そこで、図5の(b)に示すように、ダイシングテープTの側からシリコン基板10を吸着ステージDにて吸引することで、シリコン基板10を平坦化し変形を矯正する。

30

#### 【0023】

(表面線状加工工程)

続いてシリコン基板10の各ロジック素子部10aの切断を精度よく行うために、基板表面11において切断予定線Cに亀裂の伝播を誘導する表面加工痕11aを表面に凹状に形成する。すなわち、切断予定線Cに沿って表面加工痕11aを形成することで、後の工程で外力による切断の際に応力集中が起こり、割れが表面加工痕11aへ誘導される。または表面加工痕11aが起点となり割れが内部に進行する。従って、ロジック回路等を破壊するような不必要な割れを生じることがない。

40

#### 【0024】

表面加工痕11aの形成は図6に示すように、切断予定線Cに沿って超硬刃、ダイヤモンド刃等の工具40を用いたスクライバーにてケガキを入れればよい。表面加工痕11aは、幅2 $\mu\text{m}$ 以上、深さ1 $\mu\text{m}$ 以上が好ましい。ただし、内部亀裂12を加工するレーザー光Lの光路を妨げない大きさにする必要がある。加工深さは、切断時に表面加工痕11a

50

と亀裂間において応力集中を起こす深さが適している。その加工深さであれば、図6に示すようにシリコン基板10の表面層である酸化膜2の厚さより小さくてもよいし、酸化膜2の厚さと同じか若しくはそれ以上の深さとなっても問題はない。

【0025】

また、表面加工痕11aは少なくともロジック素子部10aを有する基板表面11に対しては必須であるが、シリコン基板10の表側表面と裏側表面の双方に形成してもよい。

【0026】

また、工具を用いたケガキ加工にて表面加工痕11aを形成する場合、本実施例のように後述の内部亀裂形成前に表面加工痕11aを形成することで、加工負荷による不必要な割れを回避することができる。また、表面加工痕11aを先に形成することにより、加工痕自体が後工程でのレーザー照射時の加工位置を示す基準(線)とすることができ、レーザー照射の作業効率を向上することができる。

【0027】

なお、表面加工痕11aは、レーザー光Lによる内部亀裂形成工程(内部加工領域形成工程)の後に形成してもよく、この場合は内部亀裂形成時にレーザー光のケラレの影響(表面加工痕11aができた表面の凹部斜面が照射されたレーザー光を反射することで、基板内部へ到達するレーザー光量が減少する現象)が無い場合、より効率良く内部亀裂形成を行うことができる。

【0028】

(内部亀裂形成工程)

図7(a)に示す加工装置50を用いて、図1に示した内部亀裂12を形成する。この加工装置50は、光源51、ビーム拡大系51a、ミラー51b等を有する光源光学系と、顕微鏡対物レンズ52a、ミラー52b、自動焦点機構52c、アフォーカル光学系52d等を有するレーザー光集光光学系と、Xステージ53a、Yステージ53b、微動調整ステージ53c等を有する自動ステージ機構53と、ワークWであるシリコン基板10のオリエンテーションフラット10b(図2参照)によるアライメントを行う図示しないアライメント光学系と、を備えている。光源51としては、パルスYAGレーザーの基本波(1064nm)を用いる。パルス幅は15~1000ns前後で、その周波数は10~100kHzである。

【0029】

図7(b)は、加工装置50において、レーザー光集光光学系の詳細を示す模式図である。

【0030】

YAGレーザーである加工用レーザー光Lは、ミラー51b、52bで反射してレンズユニット203、204からなるアフォーカル光学系52dを通過する。ミラー51b、52bは、おのおの独立した動きを行う。特にミラー52bは、その他の光学素子と連動して微動するものとする。

【0031】

アフォーカル系52dは、レンズユニット203の光軸に平行に入った光束をレンズユニット204からその光軸に平行に射出する。レンズユニット203は光軸方向に微動可能であり、そのレンズユニット203の動きによって、レンズユニット204から射出される光束は、収束する方向にも発散する方向にも、その射出角度を変えるように制御されることが可能となる。これにより、レーザー光Lの集光位置を制御することが可能となる。

【0032】

レンズユニット204から射出された光束は補正レンズ205を通る。通常、対物レンズ52aは空気中にて物質表面を観察するための道具であり、シリコンなどの物質内部で最良の集光を行うものではない。一般的な顕微鏡対物レンズで内部集光を最良にするためには、そのための補正レンズ205が必要となる。補正レンズ205から射出された光束は、ダイクロックミラー206を通過して対物レンズ52aへ至る。対物レンズ52aによって、レーザー光Lは視野の中心に集光する。

## 【0033】

観察光学系は、照明用光源211から射出された光がレンズ212を介してハーフミラー208とダイクロックミラー206を通過し、対物レンズ52aを通過して基板表面（加工面）を照明するように構成されている。照明用光源211の射出面と対物レンズ52aの入射瞳とは共役となっているため、ケラー照明系を構成している。

## 【0034】

対物レンズ52aと結像レンズ209とは、無限遠顕微鏡系を構成している。この2つのレンズの作用により、カメラ210が基板表面のレーザー光被照射面と共役となっている。つまり、加工用レーザー光Lとして用いるYAGレーザー光の集光点が、カメラ210にて観察可能となる。このとき、注意しなくてはならないのは、観察対象物のレーザー光反射率である。このように加工用レーザー光Lで顕微鏡を用いた加工を行った場合、基板表面のレーザー光被照射面とカメラ210とが共役となるため、レーザー光被照射面の反射率によってはカメラ210が損傷してしまう場合がある。そのため、対物レンズ52aと結像レンズ209の間に加工用レーザー光Lに対するフィルターをいれる場合もある。特に、シリコンのような高屈折率部材では、反射率は30%程度あり、損傷の可能性が高い。

10

## 【0035】

加工用レーザー光Lの対物レンズ52aによる焦点位置とアフォーカル光学系52dのレンズユニット203による集光点（レンズユニット203による入射光束に対する像）とは、共役となるように配置されている。そのため、レンズユニット203をその光軸方向（基板内部に内部加工領域を形成するレーザー光の光学系の光路方向）に沿って微動させることで、対物レンズ52aによる加工用レーザー光Lの集光位置を動かすことが可能である。つまり、アフォーカル光学系のパワーを変えることで、対物レンズ52aによる加工用レーザー光の集光位置を変えることができる構成となっている。なお、アフォーカル光学系52dは、本実施例のように、レンズユニット203、204を用いた構成の他に、3つ以上のレンズユニットを用いて構成された光学系であっても構わない。

20

## 【0036】

また、対物レンズ52aは自動焦点機構52cにより、対物レンズ52aにより集光されるレーザー光Lのレーザー光被照射面とカメラ210とが共役になるようにも設定された光学系を備えている。そして、自動焦点機構52cは、加工用レーザーの集光点調整機構のように、アフォーカル光学系52dのレンズユニット203を光軸方向に沿って移動させる構成とは異なり、対物レンズ52a、結像レンズ209、カメラ210を結ぶ光学系全体を動かすことで、焦点の調整を行う。本実施例では、カメラ210からの画像信号を用いて自動焦点制御ユニット213で移動量を算出する。画像信号による方式は加工時間に対して長い時間がかかるので、1走査に一回の割合で走査直前に自動焦点調整動作を行う。つまり、カメラ210の焦点面（基板表面のレーザー光被照射面）と加工用レーザー光Lの集光位置（基板内部の内部加工領域形成位置）とは、異なる光学系の集光構成により設定できることになる。しかし、それぞれの光学系の集光調整は、好ましくは、対物レンズ52aの基板表面のレーザー光被照射面に対して自動焦点制御ユニット213を用いて焦点調整を行った後、レーザー光被照射面と対物レンズ52aとの位置関係（間隔）を維持したまま、アフォーカル光学系52dのパワー変化を用いて加工用レーザー光Lを基板内部の内部加工領域形成予定位置に集光するための集光位置調整を行うものとする。

30

40

## 【0037】

自動焦点機構52cとしては、本実施例にあるようなカメラ210の画像を用いる方法以外にも、測距手段としてレーザー光等を用いた能動式の自動焦点機構でもかまわない。

## 【0038】

レーザー光の選定は、シリコン基板の分光透過率より決定される。そのため、集光点にて強電界が形成可能でシリコン透過性がある波長域の光であれば、どれでもかまわない。

## 【0039】

集光光学系の顕微鏡対物レンズ52aは、シリコンの屈折率を考慮し、基板表面の顕微鏡観察にも適用可能な、シリコン内部加工に最適な集光レンズを用いる。

50

## 【0040】

内部加工を行う際の光学条件は、基板表面11に凹状等の断面形状を有する表面加工痕11aが存在してもかまわないように設定される。すなわち、表面加工痕11aによる加工用レーザ光Lのエネルギー損失を考慮してパワーを上げるか、表面加工痕11aを避けて入射するように光束を選定する等の方策をとる。このようにして、基板表面11から入射した光束はシリコン基板10内を屈折して、内部の所定の深度(a)の集光点A(図1)に集光して内部亀裂12を生じる。

## 【0041】

実験によれば、図1に示す最上端の内部亀裂12cの亀裂先端は基板表面11より10 $\mu\text{m}$ 以上離れるように、集光位置や酸化膜2の膜構成、使用するレーザ波長等に応じて加工条件を設定することが望ましい。加工中に不用意に内部亀裂12cと基板表面11との連結が生じたり、レーザ照射条件によっては基板表面11が損傷してしまうことがあり、これを防ぐためである。

10

## 【0042】

集光点Aの深度(a)はシリコン基板10であるワークWあるいはレーザ光集光光学系(レーザ光による内部加工領域形成のための加工用光学系)のいずれかを光軸方向に移動させ、集光位置をずらすことで制御できる。しかしながら、本実施例では、基板表面のレーザ光の被照射面を観察する必要性から、レーザ光集光光学系にあるアフォーカル光学系52dのレンズユニット203を光軸方向に沿って移動させる構成としている。

## 【0043】

シリコン基板10の波長1064nmに対する屈折率をnとし、機械的な移動量(シリコン基板10あるいはレーザ光集光光学系のいずれかを光軸方向に移動させたときの移動量)をdとした時、集光点Aの光学的な移動量はndである。シリコン基板10の屈折率nは波長1.1~1.5 $\mu\text{m}$ で3.5近傍であり、実際に実験で測定して屈折率の値とも比較すると、nは3.5に近いものであった。つまり、機械的な移動量が100 $\mu\text{m}$ であると、レーザ光の集光点は表面より350 $\mu\text{m}$ の深さの位置に形成される。

20

## 【0044】

また、屈折率が3.5近傍であるということは反射率が大きいことを示している。一般に垂直入射での反射は $(n-1)/(n+1)^2$ であるから、シリコン基板では30%程度となる。残りのエネルギーが内部に到達するが、シリコン基板自体による光吸収も考慮すると、集光点での最終的なエネルギーはさらに小さくなる。厚さ625 $\mu\text{m}$ のシリコン基板にて実測したところ、20%程度の透過率であった。

30

## 【0045】

集光点Aにレーザ光Lが集光すると、部分的にシリコン基板の材質が変化した内部加工領域が形成される。本実施例では、集光部分にあるシリコン基板の結晶状態が変化し、その結果、内部亀裂12が形成されることになる。実験結果では集光点Aに加わる応力による相違はあるものの、レーザ光Lの入射側の基板表面に近づく方向及び遠ざかる方向(基板表面に対する深さ方向)に走ることを確認し、その亀裂長さ(b)は2~100 $\mu\text{m}$ 程度であった。

## 【0046】

このようにシリコン基板10の内部の一点から内部亀裂12を形成し、集光点Aを割断予定線Cに沿いつつ基板表面に沿って相対移動させることで、割断予定線Cの直下の深さ方向の内部加工を行う。

40

## 【0047】

以上、説明したように、内部加工領域を形成するレーザ光Lを基板内部の任意の位置に集光するためのレーザ光集光位置調整機構を備えた光学系としては、レーザ光集光位置調整機構としてのレンズユニット203、204を備えたアフォーカル光学系52dと対物レンズ52dとを有するものであり、更に本実施例のような構成においては、補正レンズ205とミラー(ダイクロックミラー)206とを有している。また、これに、光源51、ビーム拡大系51a、ミラー51b、52bを加えてもよいが、レーザ光集光位置調整

50



に直接関与するものではない。

【0048】

また、基板表面を観察するための自動焦点機構を備えた光学系としては、対物レンズ52a、結像レンズ209、カメラ210を結ぶ光学系全体をワークWである基板10に対して接近方向と離間方向とのいずれにも変位可能とする自動焦点機構52cに加え、観察用照射系と、対物レンズ52aと結像レンズ209とカメラ210とを有するものである。なお、観察照射系としては、本実施例では、光源211、照明レンズ212、ハーフミラー208を有している。

【0049】

シリコン基板10であるワークWは、XY方向に移動可能な自動ステージ53に載置されることで、XY方向の位置の調整を行うことができる。一方、ワークWの光軸方向（深さ方向、Z方向）の位置調整は、ワークWを搭載してZ方向に自動ステージ53を変位可能とする構成としてもよいが、本実施例では、Z方向に移動可能なZステージとしての自動焦点機構52cを設けることにより、対物レンズ52aとワークWとの間の間隔を可変としている。ここで、自動焦点機構52cの変位により、アフォーカル光学系52dと対物レンズ52aとを結ぶ光学系と、対物レンズ52aと観察像を視認するためのカメラ210とを結ぶ光学系と、を同時に変位する構成となっている。

【0050】

次に、具体的なレーザー光Lによる基板内部の内部加工領域形成のための内部加工について説明する。

【0051】

まず、図2に示すように、シリコン基板10の割断予定線Cには、オリエンテーションフラット10bを基準にして互いに直交する2方向の割断予定線C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>があり、加工を開始するに当り以下の点に留意する。

【0052】

図8に示すように、ワークWであるシリコン基板10の端点よりレーザー加工をはじめが、端点付近は中央部より加工し難い状態であるため、端点近傍を加工するときはレーザーエネルギーをワークWの中央部より上げる等の加工条件の変更が必要である。このとき、本実施例の構成によると、端点近傍の表面を良好な画面を介して観察しながら、レーザー光Lの基板内部の任意の位置への集光を行うことができる。

【0053】

また、図9に示すように、長方形の形状の異形チップを加工する場合は、より確実に異形チップを分離するために、まずその長辺側の割断予定線C<sub>1</sub>を第一割断方向として内部亀裂12を形成し、その次に第二割断方向として短辺側の割断予定線C<sub>2</sub>沿った内部亀裂12を形成する。このとき、本実施例の構成によると、割断予定線C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>を目視で確認しながらも、基板内部の任意の深さに設定した内部加工領域にレーザー光Lを集光することができる。

【0054】

上述のように、1つの集光点で形成される亀裂長さは2～100μmであり、対象となるシリコン基板の厚みは625μmであるので、このシリコン基板を割断するためには複数回の内部加工（内部改質）を行うことが必要となる。また、1つのポイントでの内部加工の順番は基板の表側表面から遠い側（基板の内部側）よりはじめて、表面に近づけてゆく。また、内部亀裂を形成する内部加工時には、基板表面の近傍で形成される内部亀裂が表面加工痕11aを有する基板表面へ到達するような加工は行わないものとする。また、集光点近くの既存の内部亀裂が、レーザー照射による熱などの影響で成長し、基板表面へ到達するような加工条件は選択しないものとする。

【0055】

しかし、基板内部においてはその限りではなく、図1に示すように内部亀裂12a～12cが深さ方向に分断されていてもよいし、あるいは連結していてもよい。また、基板表面11に最も近い内部亀裂12cは、シリコン基板の基板表面11から10～100μm

10

20

30

40

50

の深度で、しかも表面加工痕 1 1 a と連通しない位置に設けられる。

【 0 0 5 6 】

次に、各亀裂群の加工順序を説明する。

【 0 0 5 7 】

第 1 の方法は図 1 0 の ( a )、( b )、( c ) に示すように、複数あるいは全ての割断予定線 C に対して、表面よりある深さの亀裂群、例えば実質的に同じ深度の内部亀裂 1 2 a の亀裂群の形成を終了した後、深さの異なる内部亀裂 1 2 b の亀裂群を形成する。各深さごとの亀裂群の形成がシリコン基板 1 0 の内部で段階的に行われるため、隣接する割断予定線 C による影響を低減できる。

【 0 0 5 8 】

第 2 の方法は、図 1 0 の ( c ) に示すように、1 つの割断予定線 C の直下の基板内部において、深さの異なる内部亀裂 1 2 a、1 2 b、1 2 c の亀裂群をそれぞれ形成した後、他の割断予定線 C の同様の亀裂群を形成する。この方法は、シリコン基板 1 0 の平面性に対する焦点位置の補正が必要な場合、加工開始点における基板表面への自動焦点動作回数を減らすことができる。

【 0 0 5 9 】

また第 1 の方法は、図 1 0 の ( a )、( b ) に示すように、集光点を割断予定線に沿って片方向に移動させる場合と、図 1 0 ( c ) に示すように集光点を割断予定線に沿って往復移動させる場合がある。後者は、総動作距離が短くなるため、加工時間を短縮することができる。

【 0 0 6 0 】

本実施例では後者の方を選択しているが、対象物の状態（シリコン基板の平行度、うねり）などから総合的に判断して決定するものである。

【 0 0 6 1 】

いずれにしても、このようなレーザ加工を行う場合においては、本実施例の構成によることで、必ずしも平面ではない基板表面に対しても、いずれの X Y 面内位置でも基板表面のレーザ光被照射面に焦点を自動的に合せた被照射面の観察を行うことができるので、割断予定線に沿った X Y 面内でのレーザ光照射位置移動を正確に行うことができる。同時に、被照射面に観察用の焦点を合せながらも、基板内部の任意の深さでのレーザ光 L の集光も行うことができるので、図 1 0 ( a ) ~ ( d ) に示したような  $\mu\text{m}$  オーダーの細かな加工を正確に行うことができる。

【 0 0 6 2 】

なお、図 9 に示したように、2 つ割断方向を有する割断予定線  $C_1$ 、 $C_2$  ではそれらが交差する点（交差点  $C_{12}$ ）が存在する。交差点  $C_{12}$  付近では第一割断方向に沿って形成された内部加工帯に第二割断方向での同じ深度の内部加工のためのレーザ光束がさえぎられてしまう。これは、第二割断方向の内部加工帯全体に発生するものではなく、局部的な現象であるが、エネルギー損失を考慮して、加工条件を交差点  $C_{12}$  の近傍で変更するか、第二割断方向に移行するときに加工条件を変更し、第二割断方向全体にわたって第一割断方向とは異なる加工条件で加工するのが望ましい。このような加工に対しても、本実施例の構成によることで、交差点  $C_{12}$  の位置を正確に視認しつつ、任意の深さの内部加工領域形成を正確に行うことができる。

【 0 0 6 3 】

ここで、各割断予定線 C ごとに表面加工痕 1 1 a および複数の内部亀裂 1 2 a、1 2 b、1 2 c を形成したシリコン基板 1 0 は、少なくとも表面加工痕 1 1 a と表面直下の内部亀裂 1 2 c とは連結しておらず、従って、レーザ加工後のシリコン基板 1 0 の個々のロジック素子部 1 0 a は割断されていない。そこで、以下のような方法によって、この状態のシリコン基板 1 0 を素子チップに割断する。

【 0 0 6 4 】

（割断工程）

表面加工痕 1 1 a と内部亀裂 1 2 の形成後のシリコン基板 1 0 を、ダイシングテープ T

10

20

30

40

50

にマウントしたまま、シリコン基板 10 の裏面が上となるように、割断装置のシリコーンゴムあるいはフッ素ゴムなどの弾力性のあるゴムシート上に置き、ステンレスのローラー等でダイシングテープ T を介してシリコン基板 10 を圧迫することで、シリコン基板 10 の素子チップへの割断がなされる。

【0065】

この結果、表面加工痕 11 a を起点として亀裂が発生し、亀裂は基板内部のレーザー照射による内部亀裂 12 a、12 b、12 c を連結することで基板裏面へ進行して、基板裏面に至り、割断予定線 C<sub>1</sub> に沿ってシリコン基板 10 が割断される。この亀裂の進行はシリコン基板 10 の結晶方位に沿って起こるが、割断は表面加工痕 11 a との連結により行われるため、基板表面 11 上の割断予定線 C<sub>1</sub> から大きくずれることはない。

10

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図 1】実施例の基板内部の亀裂を示す模式図である。

【図 2】基板としての一例であるシリコン基板を説明する模式図であり、(a) はその斜視図、(b) は (a) の一部分を拡大して示す部分拡大斜視図、(c) は (b) の断面を示す部分断面図である。

【図 3】実施例による割断プロセスを示すフローチャートである。

【図 4】テープマウント工程を説明する図である。

【図 5】ウエハ補正工程を説明する図である。

【図 6】表面加工痕を形成する表面線状加工を説明する図である。

20

【図 7】内部亀裂形成工程を説明するもので、(a) はレーザー光を照射する加工装置を示す模式図、(b) は加工装置の光学系部分を示した模式図である。

【図 8】基板の端部における内部亀裂形成を説明する図である。

【図 9】異形の素子チップを切り出す場合を説明する図である。

【図 10】深度の異なる亀裂群を形成するときのレーザー光の走査方法を説明する図である。

【符号の説明】

【0067】

1 シリコンウエハ

2 酸化膜

30

2 a 溝

3 ノズル層

4 液体供給口

10 シリコン基板

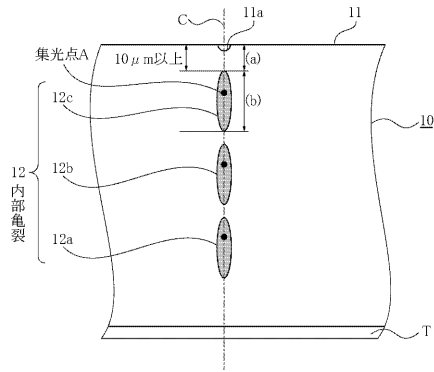
10 a ロジック素子部

11 基板表面

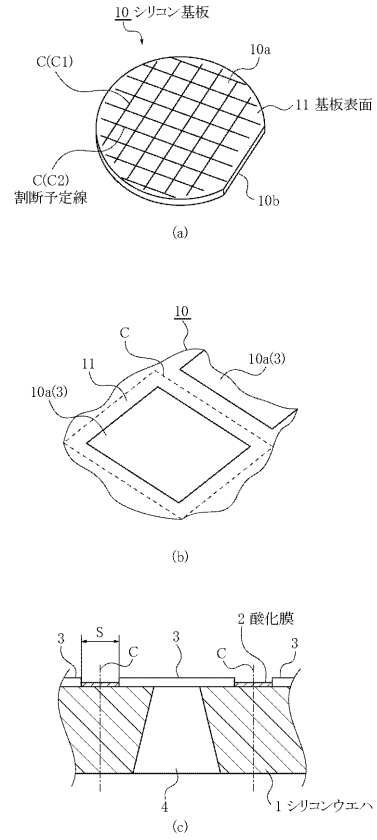
11 a 表面加工痕

12、12 a、12 b、12 c 内部亀裂

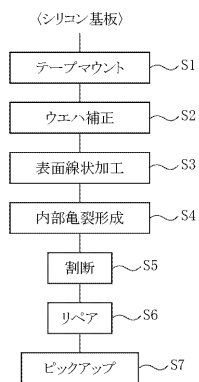
【図1】



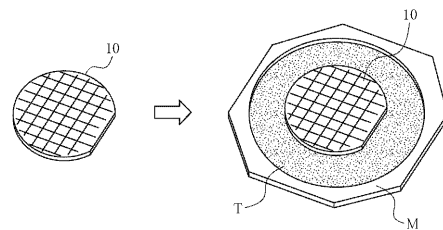
【図2】



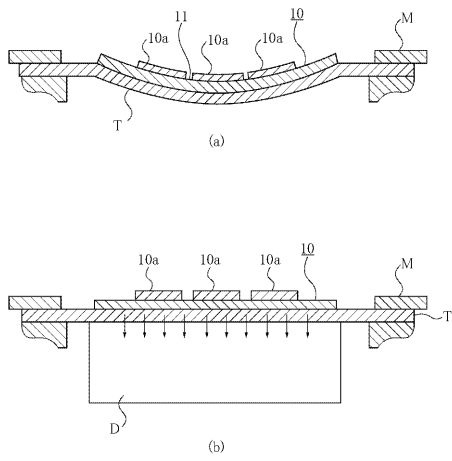
【図3】



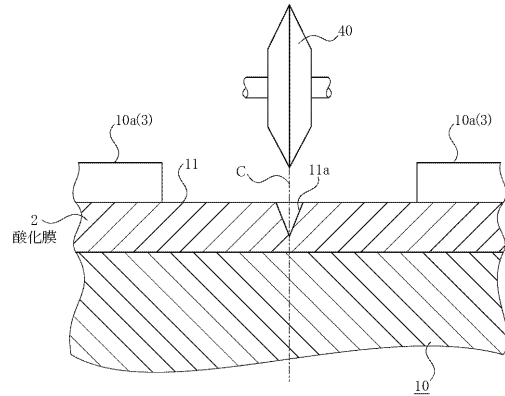
【図4】



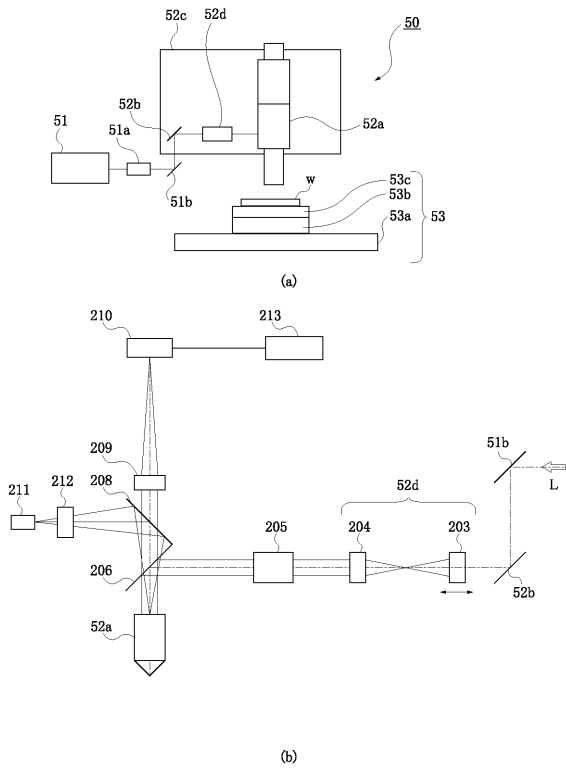
【図5】



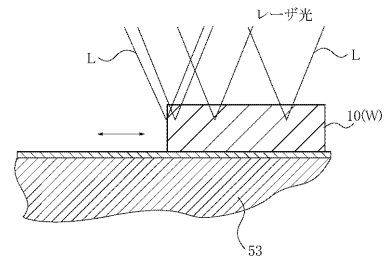
【図6】



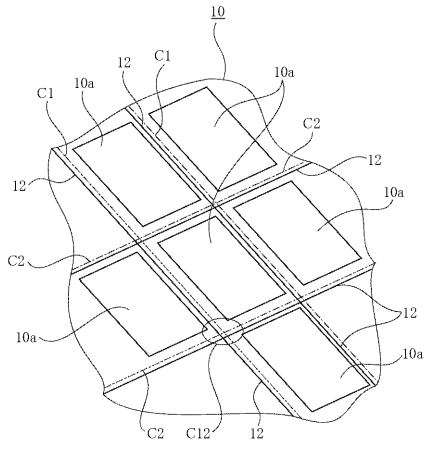
【図7】



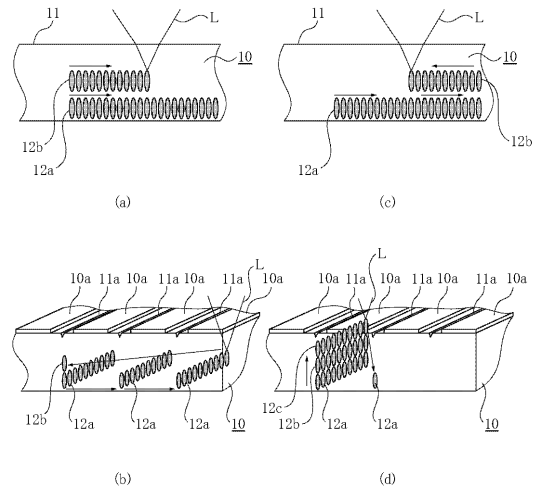
【図8】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 稲田 源次  
東京都大田区下丸子3丁目30番地2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 須釜 定之  
東京都大田区下丸子3丁目30番地2号キヤノン株式会社内

審査官 齊藤 公志郎

- (56)参考文献 特開昭51-113596(JP,A)  
特開平01-186293(JP,A)  
特開平01-313195(JP,A)  
特開2002-205180(JP,A)  
特開平09-168881(JP,A)  
特開平02-200386(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/301  
B23K 26/06  
B23K 26/08  
B23K 26/38  
B23K 26/40  
B23K 101/40