

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3624909号
(P3624909)

(45) 発行日 平成17年3月2日(2005.3.2)

(24) 登録日 平成16年12月10日(2004.12.10)

(51) Int. Cl.⁷

F I

B 2 3 K 26/00
B 2 8 D 5/00
H O 1 L 21/301
H O 1 L 21/304
// B 2 3 K 101:36B 2 3 K 26/00 3 2 O E
B 2 8 D 5/00 Z
H O 1 L 21/304 6 3 1
H O 1 L 21/78 B
H O 1 L 21/78 Q

請求項の数 13 (全 28 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-67276 (P2003-67276)
 (22) 出願日 平成15年3月12日(2003.3.12)
 (65) 公開番号 特開2004-1076 (P2004-1076A)
 (43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)
 審査請求日 平成16年5月24日(2004.5.24)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-67348 (P2002-67348)
 (32) 優先日 平成14年3月12日(2002.3.12)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-67372 (P2002-67372)
 (32) 優先日 平成14年3月12日(2002.3.12)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000236436
 浜松ホトニクス株式会社
 静岡県浜松市市野町1126番地の1
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100089978
 弁理士 塩田 辰也
 (74) 代理人 100092657
 弁理士 寺崎 史朗
 (72) 発明者 福満 憲志
 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜
 松ホトニクス株式会社内
 (72) 発明者 福世 文嗣
 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜
 松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、前記基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面に保護フィルムを装着し、前記加工対象物の裏面をレーザ光入射面として前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記加工対象物に外力を印加し前記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断し、前記伸張性のフィルムを伸張させることにより前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

【請求項2】

基板と、前記基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面に保護フィルムを装着し、前記加工対象物の前記裏面をレーザ光入射面として前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記伸張性のフィルムを伸張させて、前

10

20

記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断するとともに前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

【請求項 3】

半導体基板と、前記半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面に保護フィルムを装着し、前記加工対象物の裏面をレーザ光入射面として前記半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより溶融処理領域を形成し、この溶融処理領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記加工対象物に外力を印加し前記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断し、前記伸張性のフィルムを伸張させることにより前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

10

【請求項 4】

半導体基板と、前記半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面に保護フィルムを装着し、前記加工対象物の前記裏面をレーザ光入射面として前記半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより溶融処理領域を形成し、この溶融処理領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記伸張性のフィルムを伸張させて、前記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断するとともに前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

20

【請求項 5】

前記伸張性のフィルムを前記加工対象物に装着した後、前記保護フィルムを除去する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 6】

前記伸張性のフィルムを伸張させることにより前記加工対象物の前記複数の部分に分離した後、前記保護フィルムを除去する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

30

【請求項 7】

基板と、前記基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、前記加工対象物の裏面をレーザ光入射面として前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記加工対象物に外力を印加し前記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断し、前記伸張性のフィルムを伸張させることにより前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

40

【請求項 8】

基板と、前記基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、前記加工対象物の前記裏面をレーザ光入射面として前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点

50

領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記伸張性のフィルムを伸張させて、前記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断するとともに前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

【請求項 9】

半導体基板と、前記半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、前記加工対象物の裏面をレーザ光入射面として前記半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより熔融処理領域を形成し、この熔融処理領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記加工対象物に外力を印加し前記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断し、前記伸張性のフィルムを伸張させることにより前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

10

【請求項 10】

半導体基板と、前記半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の前記積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、前記加工対象物の前記裏面をレーザ光入射面として前記半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより熔融処理領域を形成し、この熔融処理領域によって、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、前記加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、前記伸張性のフィルムを伸張させて、前記切断起点領域を起点として前記基板及び前記積層部を切断することにより前記加工対象物を複数の部分に切断するとともに前記加工対象物の前記複数の部分を分離する工程を備える、レーザ加工方法。

20

【請求項 11】

前記伸張性のフィルムを前記加工対象物に装着した後、前記緩衝効果を有する部材を除去する、請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 12】

前記伸張性のフィルムを伸張させることにより前記加工対象物の前記複数の部分に分離した後、前記緩衝効果を有する部材を除去する、請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

30

【請求項 13】

前記加工対象物に前記切断起点領域を形成する前に、前記加工対象物の前記基板が薄くなるように前記加工対象物の前記裏面を研削する、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【従来の技術】

40

近年、半導体デバイス用として Al_2O_3 基板上に GaN 等の半導体動作層を結晶成長させたものや、液晶表示装置用としてガラス基板上に他のガラス基板を貼り合わせたもの等、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断する技術が求められている。

【0002】

従来、これらの積層構造を有する加工対象物の切断には、ブレードダイシング法やダイヤモンドスクライブ法が使用されるのが一般的である。

【0003】

ブレードダイシング法とは、ダイヤモンドブレード等により加工対象物を切削して切断する方法である。一方、ダイヤモンドスクライブ法とは、ダイヤモンドポイントツールにより加工対象物の表面にスクライブラインを設け、このスクライブラインに沿うよう加工対

50

象物の裏面にナイフエッジを押し当てて、加工対象物を割って切断する方法である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ブレードダイシング法にあっては、例えば、加工対象物が上述した液晶表示装置用のものである場合、ガラス基板と他のガラス基板との間に間隙が設けられているため、この間隙に削り屑や潤滑洗浄水が入り込んでしまうおそれがある。

【0005】

また、ダイヤモンドスクライブ法にあっては、加工対象物が Al_2O_3 基板等の硬度の高い基板を有している場合や、或いは、加工対象物がガラス基板同士を貼り合わせたものである場合等に、加工対象物の表面だけでなく裏面にもスクライブラインを設けなければなら

10

ず、この表面と裏面とに設けられたスクライブラインの位置ずれによって切断不良が生じるおそれがある。

【0006】

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、上述したような問題を解決し、加工対象物が種々の積層構造を有する場合においても加工対象物を高精度に切断することのできるレーザ加工方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と、基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面に保護フィルムを装着し、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、加工対象物に外力を印加し切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断し、伸張性のフィルムを伸張させることにより加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。或いは、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と、基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、加工対象物に外力を印加し切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断し、伸張性のフィルムを伸張させることにより加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。

20

30

【0008】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、半導体基板と、半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面に保護フィルムを装着し、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより熔融処理領域を形成し、この熔融処理領域によって、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、加工対象物に外力を印加し切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断し、伸張性のフィルムを伸張させることにより加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。或いは、本発明に係るレーザ加工方法は、半導体基板と、半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより熔融処理領域を形成し、この熔融処理領域によって

40

50

、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、加工対象物に外力を印加し切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断し、伸張性のフィルムを伸張させることにより加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。

【0009】

これらのレーザ加工方法によれば、加工対象物の表面に保護フィルムを装着するか、或いは加工対象物の表面を緩衝効果を有する部材により保護することによって、加工対象物を裏面を上にして台上に載置することができるので、加工対象物の裏面から（半導体）基板の内部にレーザ光を好適に照射することができる。そして、多光子吸収という現象により形成される改質領域（熔融処理領域）でもって、加工対象物を切断すべき所望の切断予定ラインに沿った切断起点領域を基板の内部に形成し、この切断起点領域を起点として加工対象物を切断することができる。そして、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着してこれを伸張させることにより、切断された加工対象物の複数の部分を容易に分離することができる。すなわち、本レーザ加工方法によれば、加工対象物の表面にある積層部にレーザ光を直接照射せずに切断起点領域を形成できるとともに、切断起点領域を起点として基板を比較的小さな力で精度良く割って切断し、切断された加工対象物を容易に分離することができる。従って、このレーザ加工方法によれば、加工対象物が種々の積層構造を有する場合においても該加工対象物を高精度に切断することができる。また、加工対象物を複数の部分に切断する際に加工対象物に外力を印加することによって、切断起点領域を起点として加工対象物を容易に切断することができる。

10

20

【0010】

ここで、基板上の積層部とは、基板の表面に堆積されたもの、基板の表面に貼り合わされたもの、或いは基板の表面に取り付けられたもの等をいい、基板に対し異種材料であるか同種材料であるかは問わない。そして、積層部には、基板に密着して設けられるものや、基板と間隙を取って設けられるもの等がある。例としては、基板上に結晶成長により形成された半導体動作層や、ガラス基板上に貼り合わされた他のガラス基板等があり、積層部は異種材料を複数層形成したものも含む。また、基板の内部とは、積層部が設けられている基板の表面上をも含む意味である。さらに、集光点とは、レーザ光が集光した箇所のことである。そして、切断起点領域は、改質領域が連続的に形成されることで形成される場合もあるし、改質領域が断続的に形成されることで形成される場合もある。

30

【0014】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と、基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面に保護フィルムを装着し、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、伸張性のフィルムを伸張させて、切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断するとともに加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。或いは、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と、基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、伸張性のフィルムを伸張させて、切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断するとともに加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。

40

【0015】

50

また、本発明に係るレーザ加工方法は、半導体基板と、半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面に保護フィルムを装着し、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより熔融処理領域を形成し、この熔融処理領域によって、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、伸張性のフィルムを伸張させて、切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断するとともに加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。或いは、本発明に係るレーザ加工方法は、半導体基板と、半導体基板上に設けられた積層部とを含む平板状の加工対象物を切断するレーザ加工方法であって、加工対象物の積層部側の表面を緩衝効果を有する部材により保護しながら、加工対象物の裏面をレーザ光入射面として半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより熔融処理領域を形成し、この熔融処理領域によって、加工対象物の切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着し、伸張性のフィルムを伸張させて、切断起点領域を起点として基板及び積層部を切断することにより加工対象物を複数の部分に切断するとともに加工対象物の複数の部分を分離する工程を備えることを特徴とする。

10

【0016】

これらのレーザ加工方法によれば、上述したレーザ加工方法と同様の理由により、加工対象物が種々の積層構造を有する場合においても該加工対象物を高精度に切断することができ、また、伸張性のフィルムを伸張させることにより、加工対象物の切断起点領域に引張応力が印加されるので、加工対象物を切断する工程と複数の部分を分離する工程とを同時に行うことができ、製造工程を削減することができる。

20

【0017】

また、上述した本発明に係るレーザ加工方法においては、加工対象物に切断起点領域を形成する前に、加工対象物の基板が薄くなるように加工対象物の裏面を研削することが好ましい。これによって、切断起点領域を起点としてより小さな力で、或いは特別な力を必要とせず加工対象物を精度良く切断することができる。

【0018】

また、上述した本発明に係るレーザ加工方法においては、伸張性のフィルムを加工対象物に装着した後、保護フィルム（緩衝効果を有する部材）を除去することが好ましい。これによって、切断起点領域が形成された加工対象物を離散させることなく保持することができる。或いは、伸張性のフィルムを伸張させることにより加工対象物の複数の部分を分離した後、保護フィルム（緩衝効果を有する部材）を除去することが好ましい。これによって、加工対象物を切断してから複数の部分を取り出すまでの間、該複数の部分を保護することができる。

30

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、図面と共に本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。本実施形態に係るレーザ加工方法では、加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成する。そこで、このレーザ加工方法、特に多光子吸収について最初に説明する。

40

【0020】

材料の吸収のバンドギャップ E_g よりも光子のエネルギー $h\nu$ が小さいと光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は $h\nu > E_g$ である。しかし、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると $n h\nu > E_g$ の条件（ $n = 2, 3, 4, \dots$ ）で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度（ W/cm^2 ）で決まり、例えばピークパワー密度が 1×10^8 （ W/cm^2 ）以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、（集光点におけるレーザ光の1パルス当たりのエネルギー）÷（レーザ光のビームスポット断面積×パルス幅）により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ

50

光の集光点の電界強度 (W/cm^2) で決まる。

【0021】

このような多光子吸収を利用する本実施形態に係るレーザ加工の原理について、図1～図6を参照して説明する。図1はレーザ加工中の加工対象物1の平面図であり、図2は図1に示す加工対象物1のII-II線に沿った断面図であり、図3はレーザ加工後の加工対象物1の平面図であり、図4は図3に示す加工対象物1のIV-IV線に沿った断面図であり、図5は図3に示す加工対象物1のV-V線に沿った断面図であり、図6は切断された加工対象物1の平面図である。

【0022】

図1及び図2に示すように、加工対象物1の面10には、加工対象物1を切断すべき所望の切断予定ライン5がある。切断予定ライン5は直線状に延びた仮想線である（加工対象物1に実際に線を引いて切断予定ライン5としてもよい）。本実施形態に係るレーザ加工は、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して改質領域7を形成する。なお、集光点とはレーザ光Lが集光した箇所のことである。また、加工対象物1の面10はレーザ光が入射されるレーザ光入射面となっており、該面10においてレーザ光Lが散乱することを防ぐため、平坦かつ滑面であることが好ましい。

【0023】

レーザ光Lを切断予定ライン5に沿って（すなわち矢印A方向に沿って）相対的に移動させることにより、集光点Pを切断予定ライン5に沿って移動させる。これにより、図3～図5に示すように改質領域7が切断予定ライン5に沿って加工対象物1の内部にのみ形成され、この改質領域7でもって切断起点領域8が形成される。本実施形態に係るレーザ加工方法は、加工対象物1がレーザ光Lを吸収することにより加工対象物1を発熱させて改質領域7を形成するのではない。加工対象物1にレーザ光Lを透過させ加工対象物1の内部に多光子吸収を発生させて改質領域7を形成している。よって、加工対象物1の面10ではレーザ光Lがほとんど吸収されないので、加工対象物1の面10が熔融することはない。

【0024】

加工対象物1の切断において、切断する箇所に起点があると加工対象物1はその起点から割れるので、図6に示すように比較的小さな力で加工対象物1を切断することができる。よって、加工対象物1の面10に不必要な割れを発生させることなく加工対象物1の切断が可能となる。

【0025】

さて、本実施形態において多光子吸収により形成される改質領域としては、次の(1)～(3)がある。

【0026】

(1) 改質領域が1つ又は複数のクラックを含むクラック領域の場合

基板（例えばサファイア、ガラス、またはLiTaO₃からなる圧電材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が1 μs 以下の条件でレーザ光を照射する。このパルス幅の大きさは、多光子吸収を生じさせつつ基板の面に余計なダメージを与えずに、基板の内部にのみクラック領域を形成できる条件である。これにより、基板の内部には多光子吸収による光学的損傷という現象が発生する。この光学的損傷により基板の内部に熱ひずみが誘起され、これにより基板の内部にクラック領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm^2) である。パルス幅は例えば1 ns ~ 200 ns が好ましい。

【0027】

本発明者は、電界強度とクラックの大きさとの関係を実験により求めた。実験条件は下記の通りである。

(A) 基板：パイレックス（登録商標）ガラス（厚さ700 μm ）

(B) レーザ

10

20

30

40

50

光源：半導体レーザ励起Nd：YAGレーザ

波長：1064nm

レーザ光スポット断面積： $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：100kHz

パルス幅：30ns

出力：出力<1mJ/パルス

レーザ光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C)集光用レンズ

レーザ光波長に対する透過率：60パーセント

(D)基板が載置される載置台の移動速度：100mm/秒

【0028】

なお、レーザ光品質がTEM₀₀とは、集光性が高くレーザ光の波長程度まで集光可能を意味する。

【0029】

図7は上記実験の結果を示すグラフである。横軸はピークパワー密度であり、レーザ光がパルスレーザ光なので電界強度はピークパワー密度で表される。縦軸は1パルスのレーザ光により基板の内部に形成されたクラック部分(クラックスポット)の大きさを示している。クラックスポットが集まりクラック領域となる。クラックスポットの大きさは、クラックスポットの形状のうち最大の長さとなる部分の大きさである。グラフ中の黒丸で示すデータは集光用レンズ(C)の倍率が100倍、開口数(NA)が0.80の場合である。一方、グラフ中の白丸で示すデータは集光用レンズ(C)の倍率が50倍、開口数(NA)が0.55の場合である。ピークパワー密度が $10^{11} \text{ (W/cm}^2\text{)}$ 程度から基板の内部にクラックスポットが発生し、ピークパワー密度が大きくなるに従いクラックスポットも大きくなることが分かる。

【0030】

次に、本実施形態に係るレーザ加工において、クラック領域形成による加工対象物の切断のメカニズムについて図8～図11を用いて説明する。図8に示すように、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して切断予定ラインに沿って内部にクラック領域9を形成する。クラック領域9は1つ又は複数のクラックを含む領域である。このクラック領域9でもって切断起点領域が形成される。図9に示すように、人為的な力(例えば引張応力)を加工対象物1に印加することにより、クラック領域9を起点として(すなわち、切断起点領域を起点として)クラックがさらに成長し、図10に示すようにクラックが加工対象物1の両面に到達し、図11に示すように加工対象物1が割れることにより加工対象物1が切断される。

【0031】

(2)改質領域が熔融処理領域の場合

基板(例えばシリコンのような半導体材料)の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が $1 \times 10^8 \text{ (W/cm}^2\text{)}$ 以上で且つパルス幅が1μs以下の条件でレーザ光を照射する。これにより基板の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により基板の内部に熔融処理領域が形成される。熔融処理領域とは一旦熔融後再固化した領域や、まさに熔融状態の領域や、熔融状態から再固化する状態の領域であり、相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、熔融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。基板がシリコン単結晶構造の場合、熔融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。電界強度の上限値としては、例えば $1 \times 10^{12} \text{ (W/cm}^2\text{)}$ である。パルス幅は例えば1ns～200nsが好ましい。

10

20

30

40

50

【0032】

本発明者は、シリコンウェハの内部で熔融処理領域が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

(A) 基板：シリコンウェハ（厚さ350 μm 、外径4インチ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザー励起Nd：YAGレーザー

波長：1064 nm

レーザー光スポット断面積： $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：100 kHz

パルス幅：30 ns

出力：20 μJ / パルス

レーザー光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

倍率：50倍

N.A.：0.55

レーザー光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 基板が載置される載置台の移動速度：100 mm / 秒

【0033】

図12は、上記条件でのレーザー加工により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。シリコンウェハ11の内部に熔融処理領域13が形成されている。なお、上記条件により形成された熔融処理領域13の厚さ方向の大きさは100 μm 程度である。

【0034】

熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを説明する。図13は、レーザー光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。ただし、シリコン基板の表面側と裏面側それぞれの反射成分を除去し、内部のみの透過率を示している。シリコン基板の厚さtが50 μm 、100 μm 、200 μm 、500 μm 、1000 μm の各々について上記関係を示した。

【0035】

例えば、Nd：YAGレーザーの波長である1064 nmにおいて、シリコン基板の厚さが500 μm 以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザー光が80%以上透過することが分かる。図12に示すシリコンウェハ11の厚さは350 μm なので、多光子吸収による熔融処理領域13をシリコンウェハ11の中心付近に形成すると、シリコンウェハ11の表面から175 μm の部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ200 μm のシリコンウェハを参考にすると、90%以上なので、レーザー光がシリコンウェハ11の内部で吸収されるのは僅かであり、ほとんどが透過する。このことは、シリコンウェハ11の内部でレーザー光が吸収されて、熔融処理領域13がシリコンウェハ11の内部に形成（つまりレーザー光による通常の加熱で熔融処理領域が形成）されたものではなく、熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを意味する。

【0036】

なお、シリコンウェハは、熔融処理領域でもって形成される切断起点領域を起点として断面方向に向かって割れを発生し、その割れがシリコンウェハの両面に到達することにより、結果的に切断される。発明者らの考察によれば、熔融処理領域を起点とした亀裂が生じるのは、熔融処理領域とそれ以外の領域との物性的な違いによってシリコンウェハの内部に歪みが生じ易くなる為だと考えられる。また、図12に示された写真からも判るように、熔融処理領域13の上下には尖頭状の熔融痕が存在する。この熔融痕によって、熔融処理領域を起点とした亀裂が精度良くシリコンウェハの両面に到達するものと考えられる。また、熔融処理領域はシリコンウェハの内部のみに形成され、切断後の切断面には、図1

10

20

30

40

50

2のように内部にのみ熔融処理領域が形成されている。基板の内部に熔融処理領域でもって切断起点領域を形成すると、切断時、切断起点領域ラインから外れた不必要な割れが生じにくいので、切断制御が容易となる。

【0037】

(3) 改質領域が屈折率変化領域の場合

基板(例えばガラス)の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm^2)以上で且つパルス幅が1 ns以下の条件でレーザー光を照射する。パルス幅を極めて短くして、多光子吸収を基板の内部に起こさせると、多光子吸収によるエネルギーが熱エネルギーに転化せずに、基板の内部にはイオン価数変化、結晶化又は分極配向等の永続的な構造変化が誘起されて屈折率変化領域が形成される。電界強度の上限値として

10

【0038】

以上、多光子吸収により形成される改質領域として(1)~(3)の場合を説明したが、加工対象物の結晶構造やその劈開性などを考慮して切断起点領域を次のように形成すれば、その切断起点領域を起点として、より一層小さな力で、しかも精度良く加工対象物を切断することが可能になる。

【0039】

すなわち、シリコンなどのダイヤモンド構造の単結晶半導体からなる基板の場合は、(111)面(第1劈開面)や(110)面(第2劈開面)に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。また、GaAsなどの閃亜鉛鉱型構造のIII-V族化合物半導体からなる基板の場合は、(110)面に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。さらに、サファイア(Al_2O_3)などの六方晶系の結晶構造を有する基板の場合は、(0001)面(C面)を主面として(1120)面(A面)或いは(1100)面(M面)に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。

20

【0040】

なお、基板として例えば円盤状のウェハを切断する場合、上述した切断起点領域を形成すべき方向(例えば、単結晶シリコン基板における(111)面に沿った方向)、或いは切断起点領域を形成すべき方向に直交する方向に沿ってウェハにオリエンテーションフラットを形成すれば、そのオリエンテーションフラットを基準とすることで、切断起点領域を形成すべき方向に沿った切断起点領域を容易且つ正確にウェハに形成することが可能になる。

30

【0041】

次に、上述したレーザー加工方法に使用されるレーザー加工装置について、図14を参照して説明する。図14はレーザー加工装置100の概略構成図である。

【0042】

レーザー加工装置100は、レーザー光Lを発生するレーザー光源101と、レーザー光Lの出力やパルス幅等を調節するためにレーザー光源101を制御するレーザー光源制御部102と、レーザー光Lの反射機能を有しかつレーザー光Lの光軸の向きを90°変えるように配置されたダイクロイックミラー103と、ダイクロイックミラー103で反射されたレーザー光Lを集光する集光用レンズ105と、集光用レンズ105で集光されたレーザー光Lが照射される加工対象物1が載置される載置台107と、載置台107をX軸方向に移動させるためのX軸ステージ109と、載置台107をX軸方向に直交するY軸方向に移動させるためのY軸ステージ111と、載置台107をX軸及びY軸方向に直交するZ軸方向に移動させるためのZ軸ステージ113と、これら3つのステージ109, 111, 113の移動を制御するステージ制御部115とを備える。

40

【0043】

この集光点PのX(Y)軸方向の移動は、加工対象物1をX(Y)軸ステージ109(111)によりX(Y)軸方向に移動させることにより行う。Z軸方向は、加工対象物1の面10と直交する方向なので、加工対象物1に入射するレーザー光Lの焦点深度の方向とな

50

る。よって、Z軸ステージ113をZ軸方向に移動させることにより、加工対象物1の内部にレーザ光Lの集光点Pを合わせることができる。

【0044】

レーザ光源101はパルスレーザ光を発生するNd:YAGレーザである。レーザ光源101に用いることができるレーザとして、その他、Nd:YVO₄レーザ、Nd:YLFレーザやチタンサファイアレーザがある。本実施形態では、加工対象物1の加工にパルスレーザ光を用いているが、多光子吸収を起こさせることができるなら連続波レーザ光でもよい。

【0045】

レーザ加工装置100はさらに、載置台107に載置された加工対象物1を可視光線により照明するために可視光線を発生する観察用光源117と、ダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105と同じ光軸上に配置された可視光用のビームスプリッタ119とを備える。ビームスプリッタ119と集光用レンズ105との間にダイクロイックミラー103が配置されている。ビームスプリッタ119は、可視光線の約半分を反射し残りの半分を透過する機能を有しかつ可視光線の光軸の向きを90°変えるように配置されている。観察用光源117から発生した可視光線はビームスプリッタ119で約半分が反射され、この反射された可視光線がダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105を透過し、加工対象物1の切断予定ライン5等を含む面10を照明する。

【0046】

レーザ加工装置100はさらに、ビームスプリッタ119、ダイクロイックミラー103及び集光用レンズ105と同じ光軸上に配置された撮像素子121及び結像レンズ123を備える。撮像素子121としては例えばCCDカメラがある。切断予定ライン5等を含む面10を照明した可視光線の反射光は、集光用レンズ105、ダイクロイックミラー103、ビームスプリッタ119を透過し、結像レンズ123で結像されて撮像素子121で撮像され、撮像データとなる。

【0047】

レーザ加工装置100はさらに、撮像素子121から出力された撮像データが入力される撮像データ処理部125と、レーザ加工装置100全体を制御する全体制御部127と、モニタ129とを備える。撮像データ処理部125は、撮像データを基にして観察用光源117で発生した可視光の焦点を加工対象物1の面10上に合わせるための焦点データを演算する。この焦点データを基にしてステージ制御部115がZ軸ステージ113を移動制御することにより、可視光の焦点が加工対象物1の面10に合うようにする。よって、撮像データ処理部125はオートフォーカスユニットとして機能する。また、撮像データ処理部125は、撮像データを基にして面10の拡大画像等の画像データを演算する。この画像データは全体制御部127に送られ、全体制御部で各種処理がなされ、モニタ129に送られる。これにより、モニタ129に拡大画像等が表示される。

【0048】

全体制御部127には、ステージ制御部115からのデータ、撮像データ処理部125からの画像データ等が入力し、これらのデータも基にしてレーザ光源制御部102、観察用光源117及びステージ制御部115を制御することにより、レーザ加工装置100全体を制御する。よって、全体制御部127はコンピュータユニットとして機能する。

【0049】

次に、上述したレーザ加工装置100を用いた、本実施形態に係るレーザ加工方法について説明する。図15は、本実施形態に係るレーザ加工方法における加工対象物であるウェハ1aを示す斜視図である。また、図16は、図15に示されたウェハ1aの底面図である。また、図17は、図16に示されたウェハ1aのVI-VI断面及びVII-VII断面を示す拡大図である。

【0050】

図15～図17を参照すると、ウェハ1aは、平板状であり略円盤状を呈している。図16を参照すると、ウェハ1aの裏面21には縦横に交差する複数の切断予定ライン5が設

10

20

30

40

50

定されている。切断予定ライン 5 は、ウェハ 1 a を複数のチップ状部分に切断するために想定される仮想線である。この切断予定ライン 5 は、例えばウェハ 1 a の劈開面に沿って想定されるとよい。

【0051】

また、ウェハ 1 a は、オリエンテーションフラット（以下「OF」という）19を有している。本実施形態では、OF 19 は縦横に交差する切断予定ライン 5 のうちの一方方向と平行な方向を長手方向として形成されている。OF 19 は、ウェハ 1 a を切断予定ライン 5 に沿って切断する際に、切断方向を容易に判別する目的で設けられている。

【0052】

また、図 17 を参照すると、ウェハ 1 a は、半導体（Si）からなる基板 15 と、基板 15 の表面 6 上に積層された積層部 4 を備えている。積層部 4 は、絶縁性材料（SiO₂）からなる層間絶縁層 17 a 及び 17 b、並びに金属（W）からなる第 1 の配線層 19 a 及び第 2 の配線層 19 b を有している。層間絶縁層 17 a は基板 15 の表面 6 上に積層されており、表面 6 上に複数互いに分割されて設定された素子形成領域上に第 1 の配線層 19 a が積層されている。第 1 の配線層 19 a 及び基板 15 は、層間絶縁層 17 a を貫通するように設けられたプラグ 20 a によって互いに電氣的に接続されている。層間絶縁層 17 b は層間絶縁層 17 a 及び第 1 の配線層 19 a 上に積層されており、層間絶縁層 17 b 上であって第 1 の配線層 19 a に対応する領域に第 2 の配線層 19 b が積層されている。第 2 の配線層 19 b 及び第 1 の配線層 19 a は、層間絶縁層 17 b を貫通するように設けられたプラグ 20 b によって互いに電氣的に接続されている。

【0053】

層間絶縁層 17 b 上であって第 2 の配線層 19 b 同士の隙間にある領域には、切断予定ライン 5 が想定される。この切断予定ライン 5 においては、層間絶縁層 17 b の表面（すなわち、ウェハ 1 a の表面 3）が平坦かつ滑面となっている。

【0054】

（第 1 の実施例）

図 18 及び図 19 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 1 実施例を説明するためのフローチャートである。また、図 20～図 22 は、本実施例に係るレーザ加工方法を説明するためのウェハ 1 a の断面図である。

【0055】

図 18 を参照すると、まず、ウェハ 1 a の表面 3 に積層部 4 を保護するための保護フィルムとして保護テープ 25 を装着する（S1、図 20（a））。保護テープ 25 の材料としては、積層部 4 を保護する緩衝効果を有しており積層部 4 の動作特性に影響がなければ様々な材料を用いることができる。本実施形態では、保護テープ 25 の材料として、衝撃を吸収するとともに紫外線を照射することにより除去することが可能な材料を選択する。

【0056】

続いて、ウェハ 1 a の基板 15 の内部に、切断予定ライン 5 に沿って切断起点領域 8 を形成する（S3、図 20（b））。ここで、図 20（b）に示されるウェハ 1 a は、表面 3 が図の下方になるように描かれている。すなわち、ウェハ 1 a の裏面 21 における切断予定ライン 5 に対応する領域をレーザ光入射面として基板 15 の内部の集光点 P へレーザ光 L を照射することにより、基板 15 の内部に改質領域として熔融処理領域 13 を形成する。この熔融処理領域 13 が、ウェハ 1 a を切断する際の切断起点領域 8 となる。

【0057】

ここで、図 19 は、図 14 に示されたレーザ加工装置 100 を用いてウェハ 1 a に切断起点領域 8 を形成する方法を示すフローチャートである。なお、本実施形態において、ウェハ 1 a は、レーザ加工装置 100 の載置台 107 に、裏面 21 が集光用レンズ 105 と対向するように配置される。すなわち、レーザ光 L は、ウェハ 1 a の裏面 21 から入射される。

【0058】

図 14 及び図 19 を参照すると、まず、基板 15 の光吸収特性を図示しない分光光度計等

10

20

30

40

50

により測定する。この測定結果に基づいて、基板 15 に対して透明な波長又は吸収の少ない波長のレーザ光 L を発生するレーザ光源 101 を選定する (S101)。

【0059】

続いて、基板 15 の厚さ、材質、及び屈折率等を考慮して、ウェハ 1a の Z 軸方向の移動量を決定する (S103)。これは、ウェハ 1a の裏面 21 から所定距離内側の所望の位置にレーザ光 L の集光点 P を合わせるために、ウェハ 1a の裏面 21 に位置するレーザ光 L の集光点 P を基準としたウェハ 1a の Z 軸方向の移動量である。この移動量は全体制御部 127 に入力される。

【0060】

ウェハ 1a をレーザ加工装置 100 の載置台 107 にウェハ 1a の裏面 21 が集光用レンズ 105 側と対向するよう載置する。このとき、積層部 4 が設けられているウェハ 1a の表面 3 には保護テープ 25 が装着されているので、ウェハ 1a の表面 3 側を下にして載置台 107 に載置しても何ら問題ない。そして、観察用光源 117 から可視光を発生させてウェハ 1a の裏面 21 を照明する (S105)。照明されたウェハ 1a の裏面 21 を撮像素子 121 により撮像する。撮像素子 121 により撮像された撮像データは撮像データ処理部 125 に送られる。この撮像データに基づいて撮像データ処理部 125 は、観察用光源 117 の可視光の焦点がウェハ 1a の裏面 21 に位置するような焦点データを演算する (S107)。

【0061】

この焦点データはステージ制御部 115 に送られる。ステージ制御部 115 は、この焦点データを基にして Z 軸ステージ 113 を Z 軸方向の移動させる (S109)。これにより、観察用光源 117 の可視光の焦点がウェハ 1a の裏面 21 に位置する。なお、撮像データ処理部 125 は撮像データに基づいて、切断予定ライン 5 を含む裏面 21 の拡大画像データを演算する。この拡大画像データは全体制御部 127 を介してモニタ 129 に送られ、これによりモニタ 129 に切断予定ライン 5 付近の拡大画像が表示される。

【0062】

全体制御部 127 には予めステップ S103 で決定された移動量データが入力されており、この移動量データがステージ制御部 115 に送られる。ステージ制御部 115 はこの移動量データに基づいて、レーザ光 L の集光点 P の位置がウェハ 1a の裏面 21 から所定距離内側となるように、Z 軸ステージ 113 によりウェハ 1a を Z 軸方向に移動させる (S111)。

【0063】

続いて、レーザ光源 101 からレーザ光 L を発生させて、レーザ光 L をウェハ 1a の裏面 21 に照射する。レーザ光 L の集光点 P は基板 15 の内部に位置しているので、改質領域である溶融処理領域 13 は基板 15 の内部にのみ形成される。そして、切断予定ライン 5 に沿うように X 軸ステージ 109 や Y 軸ステージ 111 を移動させて溶融処理領域 13 を複数形成するか、あるいは切断予定ライン 5 に沿って連続して溶融処理領域 13 を形成することにより、切断予定ライン 5 に沿う切断起点領域 8 を基板 15 の内部に形成する (S113)。

【0064】

再び図 18 を参照すると、ウェハ 1a の裏面 21 に伸張性のフィルムであるエキスパンドテープ 23 を装着する (S5、図 20(c))。エキスパンドテープ 23 は、例えば伸張方向に力を加えることによって伸びる材料からなり、後の工程において、ウェハ 1a をチップ状に分離させるために用いられる。エキスパンドテープ 23 としては、伸張方向に力を加えることによって伸びるもの以外にも例えば加熱により伸びるものでもよい。

【0065】

続いて、切断起点領域 8 に沿ってウェハ 1a を複数のチップ状部分 24 に切断する (S7、図 21(a))。すなわち、ウェハ 1a の裏面 21 に装着されたエキスパンドテープ 23 の上から切断起点領域 8 にあわせてナイフエッジ 33 を当て、ウェハ 1a に曲げ応力を印加することにより切断起点領域 8 を起点としてウェハ 1a を割断 (ブレーキング) する

10

20

30

40

50

。このとき、ウェハ 1 a 内部には切断起点領域 8 から表面 3 及び裏面 2 1 へ達する亀裂 1 8 が生じ、基板 1 5 が切断されると同時に、層間絶縁層 1 7 a 及び 1 7 b も切断される。ウェハ 1 a に応力を印加する手段としては、ナイフエッジ 3 3 以外にも例えばブレーキング装置、ローラー装置などがある。また、ウェハ 1 a の表面 3 や裏面 2 1 にその面が溶融しないエネルギーにてウェハ 1 a に対して吸収性を有するレーザー光を照射することで切断起点領域 8 を起点として亀裂が生じるような熱応力を発生させて切断してもよい。また、ウェハ 1 a の表面 3 に装着された保護テープ 2 5 の上からナイフエッジ 3 3 等を当てて曲げ応力を印加してもよい。

【0066】

続いて、ウェハ 1 a の表面 3 に装着された保護テープ 2 5 に紫外線 V を照射する (S 9、図 2 1 (b))。保護テープ 2 5 に紫外線 V を照射することによって、保護テープ 2 5 を除去可能な状態とする。そして、保護テープ 2 5 をウェハ 1 a の表面 3 から剥離する (S 11、図 2 1 (c))。なお、保護テープ 2 5 の剥離はウェハ 1 a を切断する工程 (S 7) の前に行っても良い。

【0067】

続いて、ウェハ 1 a を個々のチップ状部分 2 4 に分離する (S 13、図 2 2) すなわち、エキスパンドテープ 2 3 を伸張させることにより複数のチップ状部分 2 4 の間に間隔 2 6 をあける。こうすることにより、複数のチップ状部分 2 4 のそれぞれをピックアップし易くなる。

【0068】

以上説明したように、本実施例に係るレーザー加工方法においては、ウェハ 1 a の表面 3 に保護テープ 2 5 を装着することによって、ウェハ 1 a を裏面 2 1 を上にして載置台 1 0 7 上に載置することができるので、ウェハ 1 a の裏面 2 1 から基板 1 5 の内部にレーザー光 L を好適に照射することができる。

【0069】

そして、多光子吸収という現象により形成される改質領域でもって、ウェハ 1 a を切断すべき所望の切断予定ライン 5 に沿った切断起点領域 8 を基板 1 5 の内部に形成し、この切断起点領域 8 を起点としてウェハ 1 a を切断することができる。そして、ウェハ 1 a の裏面 2 1 にエキスパンドテープ 2 3 を装着してこれを伸張させることにより、切断されたウェハ 1 a の複数のチップ状部分 2 4 を容易に分離することができる。

【0070】

すなわち、本実施例に係るレーザー加工方法によれば、ウェハ 1 a の表面 3 にある積層部 4 にレーザー光 L を直接照射せずに切断起点領域 8 を形成できるので、レーザー光 L による積層部 4 の損傷を防止することができる。また、基板 1 5 内部に切断起点領域 8 を形成することにより、切断起点領域 8 を起点としてウェハ 1 a を比較的小さな力で精度良く割って切断し、切断されたウェハ 1 a を容易に分離することができる。従って、このレーザー加工方法によれば、ウェハ 1 a が積層部 4 を有する場合においてもウェハ 1 a を高精度に切断することができる。

【0071】

また、本実施例に係るレーザー加工方法によれば、従来のブレードダイシング法などと比べてチップ状部分 2 4 の間のダイシング幅を格段に小さくすることができる。そして、そのようにダイシング幅を小さくした場合、個々のチップ状部分 2 4 同士の間隔を小さくし、より多くのチップ状部分 2 4 を取り出すことが可能になる。

【0072】

また、積層部 4 の構成材料やレーザー光 L の照射条件などによっては、積層部 4 の素子形成領域にレーザー光 L が照射されないように考慮する必要がある場合がある。特に本方法では多光子吸収現象を利用するためにレーザー光 L を急激に絞り込んでいるので、積層部 4 の素子形成領域にレーザー光 L が照射されないようにしつつ表面 3 からレーザー光 L を照射することが困難な場合がある。また、一般的に、ウェハの素子形成領域間には素子用に積層された半導体層が存在することが多い。或いは、メモリや集積回路素子などにおいては素子

10

20

30

40

50

形成領域間に T E G (T e s t E l e m e n t G r o u p) 等の機能素子が形成されている場合もある。これらのような場合に、本実施例に係るレーザ加工方法を用いれば、積層部 4 が設けられていない裏面 2 1 からレーザ光 L を照射して基板 1 5 の内部に切断起点領域 8 を好適に形成することができる。

【 0 0 7 3 】

また、本実施例に係るレーザ加工方法では、ウェハ 1 a にナイフエッジ 3 3 等による外力を印加することにより切断起点領域 8 を起点としてウェハ 1 a を複数のチップ状部分 2 4 に切断している。これによって、切断起点領域 8 を起点としてウェハ 1 a を容易に切断することができる。

【 0 0 7 4 】

また、本実施例に係るレーザ加工方法では、エキスパンドテープ 2 3 をウェハ 1 a に装着した後に、保護テープ 2 5 を除去している。これによって、切断起点領域 8 が形成されたウェハ 1 a を個々のチップ状部分 2 4 に離散させることなく保持することができる。

【 0 0 7 5 】

図 2 3 は、本実施例に係るレーザ加工方法の変形例を説明するための断面図である。本変形例では、基板 1 5 の内部において、基板 1 5 の厚さ方向に複数の溶融処理領域 1 3 を形成する。溶融処理領域 1 3 をこのように形成するには、図 1 9 に示されたフローチャートのステップ S 1 1 1 (ウェハを Z 軸方向に移動) とステップ S 1 1 3 (改質領域の形成) とを交互に複数回行うとよい。また、ウェハ 1 a を Z 軸方向に移動するのと改質領域の形成とを同時に行うことにより、基板 1 5 の厚さ方向に連続して溶融処理領域 1 3 を形成してもよい。

【 0 0 7 6 】

本変形例のように溶融処理領域 1 3 を形成することにより、基板 1 5 の厚さ方向に延びた切断起点領域 8 を形成することができる。従って、ウェハ 1 a をより小さな力で割って切断することができる。さらに、基板 1 5 の厚さ方向に溶融処理領域 1 3 による亀裂を成長させれば、外部からの力を必要とせずウェハ 1 a を分離することもできる。

【 0 0 7 7 】

(第 2 の実施例)

図 2 4 は、本実施形態によるレーザ加工方法の第 2 実施例を示すフローチャートである。また、図 2 5 ~ 図 2 7 は、本実施例を説明するためのウェハ 1 a の断面図である。本実施例と上述した第 1 実施例との相違点は、(1) 基板 1 5 が薄くなるように研削する点、(2) ナイフエッジ 3 3 等を用いたブレーキングを行わない点、(3) ウェハ 1 a を複数のチップ状部分 2 4 に分離した後に保護テープ 2 5 を剥離する点、の 3 点である。

【 0 0 7 8 】

図 2 4 を参照すると、まず、ウェハ 1 a の表面 3 に保護テープ 2 5 を装着する (S 2 1 、図 2 5 (a)) 。この工程は、第 1 実施例におけるステップ S 1 と同様なので、詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 9 】

続いて、ウェハ 1 a の裏面 2 1 を研削する (S 2 3 、図 2 5 (b)) 。このとき、基板 1 5 の厚さを例えば $30\mu\text{m}$ ~ $50\mu\text{m}$ まで薄くなるように研削 (グラインド) する。また、次の工程においてレーザ光 L を裏面 2 1 から好適に入射させるために、研削後の裏面 2 1 が平坦かつ滑面となるように裏面 2 1 を研削するとよい。

【 0 0 8 0 】

続いて、ウェハ 1 a の基板 1 5 の内部に、切断予定ライン 5 に沿って切断起点領域 8 を形成する (S 2 5 、図 2 5 (c)) 。続いて、ウェハ 1 a の研削後の裏面 2 1 に、エキスパンドテープ 2 3 を装着する (S 2 7 、図 2 6 (a)) 。これらの工程は、それぞれ上述した第 1 実施例におけるステップ S 3 及び S 5 と同様なので、詳細な説明を省略する。

【 0 0 8 1 】

続いて、エキスパンドテープ 2 3 を伸張させることにより、切断起点領域 8 を起点としてウェハ 1 a を複数のチップ状部分 2 4 に切断するとともに、個々のチップ状部分 2 4 を互

10

20

30

40

50

いに分離させる（Ｓ２９、図２６（ｂ））。このとき、前述したステップＳ２３において基板１５が十分に薄くなるように研削したので、エキスパンドテープ２３を伸張させることによる引張応力のみによって、切断起点領域８を起点としてウェハ１ａが切断される。そして、エキスパンドテープ２３をそのまま伸張させることにより複数のチップ状部分２４の間に間隔２６をあける。

【００８２】

続いて、保護テープ２５に紫外線を照射し（Ｓ３１、図２６（ｃ））、保護テープ２５をウェハ１ａの表面３から剥離する（Ｓ３３、図２７）。これらの工程は、それぞれ上述した第１実施例におけるステップＳ９及びＳ１１と同様なので、詳細な説明を省略する。なお、保護テープ２５の剥離はエキスパンドテープ２３を伸張させウェハ１ａを切断する工程（Ｓ２９）の前に行っても良い。

10

【００８３】

本実施例に係るレーザ加工方法においては、上述した第１実施例と同様に、ウェハ１ａの表面３にある積層部４にレーザ光Ｌを直接照射せずに切断起点領域８を形成できるので、レーザ光Ｌによる積層部４の損傷を防止することができる。また、基板１５内部に切断起点領域８を形成することにより、切断起点領域８を起点としてウェハ１ａを比較的小さな力で精度良く割って切断し、切断されたウェハ１ａを容易に分離することができる。従って、このレーザ加工方法によれば、ウェハ１ａが積層部４を有する場合においてもウェハ１ａを高精度に切断することができる。

【００８４】

20

また、本実施例に係るレーザ加工方法においては、ウェハ１ａの基板１５が薄くなるようにウェハ１ａの裏面２１を研削している。これによって、切断起点領域８を起点としてより小さな力で、或いは特別な力を必要とせずにウェハ１ａを切断することができる。また、基板１５が比較的厚い場合に比べてより精度良くウェハ１ａを切断することができる。

【００８５】

また、本実施例に係るレーザ加工方法においては、ウェハ１ａの裏面２１に装着したエキスパンドテープ２３を伸張させることにより、切断起点領域８を起点としてウェハ１ａを複数のチップ状部分２４に切断するとともに複数のチップ状部分２４を互いに分離している。エキスパンドテープ２３を伸張させる際には、ウェハ１ａの切断起点領域８に引張応力が印加されるので、切断起点領域８を起点としてウェハ１ａを好適に切断することができる。従って、本実施形態によれば、ウェハ１ａを切断する工程と、複数のチップ状部分２４を互いに分離する工程とを同時に行うことができるので、製造工程を削減することができる。

30

【００８６】

また、本実施例に係るレーザ加工方法においては、ウェハ１ａの裏面２１をレーザ光入射面としてレーザ光Ｌを照射している。発明者らの実験によれば、熔融処理領域１３などの改質領域は、基板１５内部のうちレーザ光入射面側に偏って形成される傾向がある。従って、本レーザ加工方法では、エキスパンドテープ２５が装着される裏面２１側に偏って切断起点領域１３が形成される傾向がある。一方、エキスパンドテープ２３を伸張させると、基板１５の裏面２１付近のほうが表面６付近に比べてより大きな引張応力を印加される。従って、基板１５内部において切断起点領域８が裏面２１側に偏っていれば、エキスパンドテープ２５を伸張させることによる引張応力をより効果的に切断起点領域８に作用させることができる。以上のことから、本実施例に係るレーザ加工方法によれば、切断起点領域８に引張応力をより効果的に作用させ、より小さな力でウェハ１ａを切断することができる。

40

【００８７】

また、本実施例に係るレーザ加工方法においては、エキスパンドテープ２３を伸張させることによりウェハ１ａの複数のチップ状部分２４を分離した後に、保護テープ２５を除去している。これによって、ウェハ１ａを切断してから複数のチップ状部分２４を取り出すまでの間、該複数のチップ状部分２４を保護することができる。

50

【0088】

(第3の実施例)

図28は、本実施形態によるレーザ加工方法の第3実施例を示すフローチャートである。本実施例と上述した第1実施例との相違点は、(1)ナイフエッジ33等を用いたブレーキングを行わない点、の1点である。本変形例では、第1実施例にて示した図20～図22を参照しながら説明する。

【0089】

図28を参照すると、まず、ウェハ1aの表面3に保護テープ25を装着する(S41、図20(a))。続いて、ウェハ1aの基板15の内部に、切断予定ライン5に沿って切断起点領域8を形成する(S43、図20(b))。続いて、ウェハ1aの裏面21に、エキスパンドテープ23を装着する(S45、図20(c))。これらの工程は、それぞれ上述した第1実施例におけるステップS1～S5と同様なので、詳細な説明を省略する。

10

【0090】

続いて、保護テープ25に紫外線を照射し(S47、図21(b))、保護テープ25をウェハ1aの表面3から剥離する(S49、図21(c))。これらの工程は、それぞれ上述した第1実施例におけるステップS9及びS11と同様なので、詳細な説明を省略する。ただし、本変形例ではナイフエッジ33による応力の印加を行わないので、図21(b)及び(c)に示されている亀裂18は生じない。

【0091】

続いて、エキスパンドテープ23を伸張させることにより、切断起点領域8を起点としてウェハ1aを複数のチップ状部分24に切断するとともに、個々のチップ状部分24を互いに分離させる(S51、図22)。このとき、本実施例では前述した第2実施例のように基板15を薄く研削していないので、エキスパンドテープ23を伸張させることによる引張応力を第2実施例よりも大きくすることにより、切断起点領域8を起点としてウェハ1aが切断される。そして、エキスパンドテープ23をそのまま伸張させることにより複数のチップ状部分24の間に間隔26をあける。

20

【0092】

本実施例に係るレーザ加工方法においては、上述した第1実施例と同様の理由により、ウェハ1aが積層部4を有する場合においてもウェハ1aを高精度に切断することができる。

30

【0093】

また、本実施例に係るレーザ加工方法においては、上述した第2実施例と同様に、エキスパンドテープ23を伸張させることにより、切断起点領域8を起点としてウェハ1aを複数のチップ状部分24に切断するとともに複数のチップ状部分24を互いに分離している。これによって、ウェハ1aを切断する工程と、複数のチップ状部分24を互いに分離する工程とを同時に行うことができるので、製造工程を削減することができる。

【0094】

(第4の実施例)

図29は、本実施形態によるレーザ加工方法の第4実施例を示すフローチャートである。本実施例と上述した第1実施例との相違点は、(1)基板15が薄くなるように研削する点、の1点である。本変形例では、第1実施例にて示した図20～図22と、第2実施例にて示した図25とを参照しながら説明する。

40

【0095】

図29を参照すると、まず、ウェハ1aの表面3に保護テープ25を装着する(S61、図20(a))。この工程は、第1実施例におけるステップS1と同様なので、詳細な説明を省略する。続いて、ウェハ1aの裏面21を研削する(S63、図25(b))。この工程は、第2実施例におけるステップS23と同様なので、詳細な説明を省略する。続いて、ウェハ1aの基板15の内部に、切断予定ライン5に沿って切断起点領域8を形成する(S65、図25(c))。この工程は、第1実施例におけるステップS3と同様な

50

ので、詳細な説明を省略する。

【0096】

続いて、ウェハ1aの裏面21に、エキスパンドテープ23を装着し（S67、図20（c））、ウェハ1aに外力を印加することにより切断起点領域8に沿ってウェハ1aを複数のチップ状部分24に切断し（S69、図21（a））、保護テープ25に紫外線を照射し（S71、図21（b））、保護テープ25をウェハ1aの表面3から剥離し（S73、図21（c））、エキスパンドテープ23を伸張させることにより、ウェハ1aの個々のチップ状部分24を互いに分離させる（S75、図22）。これらの工程は、それぞれ上述した第1実施例におけるステップS5～S13と同様なので、詳細な説明を省略する。ただし、本実施例ではステップS63においてウェハ1aの裏面21を研削している

10

【0097】

本実施例に係るレーザ加工方法においては、上述した第1実施例と同様の理由により、ウェハ1aが積層部4を有する場合においてもウェハ1aを高精度に切断することができる。

【0098】

また、本実施例に係るレーザ加工方法においては、第2実施例と同様に、ウェハ1aの基板15が薄くなるようにウェハ1aの裏面21を研削している。これによって、切断起点領域8を起点としてより小さな力で、或いは特別な力を必要とせずにウェハ1aをより精度良く切断することができる。

20

【0099】

また、本実施例に係るレーザ加工方法では、第1実施例と同様に、ウェハ1aに外力を印加することにより切断起点領域8を起点としてウェハ1aを複数のチップ状部分24に切断している。これによって、切断起点領域8を起点としてウェハ1aを容易に切断することができる。

【0100】

以上、本発明の実施形態及び実施例について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態及び実施例に限定されないことはいうまでもない。

30

【0101】

例えば、上記した実施形態及び実施例においては基板として半導体基板を用いているが、本発明は半導体基板に限らず、導電性基板や絶縁性基板を有するウェハに対しても好適に適用することができる。

【0102】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るレーザ加工方法によれば、加工対象物の表面に保護フィルムを装着することによって、加工対象物を裏面を上にして台上に載置することができるので、加工対象物の裏面から基板の内部にレーザ光を好適に照射することができる。そして、多光子吸収という現象により形成される改質領域でもって、加工対象物を切断すべき所望の切断予定ラインに沿った切断起点領域を基板の内部に形成し、この切断起点領域を起点として加工対象物を切断することができる。そして、加工対象物の裏面に伸張性のフィルムを装着してこれを伸張させることにより、切断された加工対象物の複数の部分を容易に分離することができる。すなわち、本レーザ加工方法によれば、加工対象物の表面にある積層部にレーザ光を直接照射せずに切断起点領域を形成できるとともに、切断起点領域を起点として基板を比較的小さな力で精度良く割って切断し、切断された加工対象物を容易に分離することができる。従って、このレーザ加工方法によれば、加工対象物が種々の積層構造を有する場合においても該加工対象物を高精度に切断することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工中の加工対象物の平面図であ

50

る。

【図 2】図 1 に示す加工対象物の I I - I I 線に沿った断面図である。

【図 3】本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工後の加工対象物の平面図である。

【図 4】図 3 に示す加工対象物の I V - I V 線に沿った断面図である。

【図 5】図 3 に示す加工対象物の V - V 線に沿った断面図である。

【図 6】本実施形態に係るレーザ加工方法により切断された加工対象物の平面図である。

【図 7】本実施形態に係るレーザ加工方法における電界強度とクラックスポットの大きさとの関係を示すグラフである。

【図 8】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 1 工程における加工対象物の断面図である 10

【図 9】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 2 工程における加工対象物の断面図である。

【図 10】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 3 工程における加工対象物の断面図である。

【図 11】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 4 工程における加工対象物の断面図である。

【図 12】本実施形態に係るレーザ加工方法により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。

【図 13】本実施形態に係るレーザ加工方法におけるレーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。 20

【図 14】本実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成図である。

【図 15】本実施形態に係るレーザ加工方法において用いられるウェハを示す斜視図である。

【図 16】図 15 に示されたウェハの平面図である。

【図 17】図 16 に示されたウェハの V I - V I 断面及び V I I - V I I 断面を示す拡大図である。

【図 18】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 1 実施例を説明するためのフローチャートである。

【図 19】図 14 に示されたレーザ加工装置を用いてウェハに切断起点領域を形成する方法を示すフローチャートである。 30

【図 20】(a) ~ (c) 第 1 実施例に係るレーザ加工方法を説明するためのウェハの断面図である。

【図 21】(a) ~ (c) 第 1 実施例に係るレーザ加工方法を説明するためのウェハの断面図である。

【図 22】第 1 実施例に係るレーザ加工方法を説明するためのウェハの断面図である。

【図 23】第 1 実施例に係るレーザ加工方法の変形例を説明するための断面図である。

【図 24】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 2 実施例を説明するためのフローチャートである。

【図 25】(a) ~ (c) 第 2 実施例に係るレーザ加工方法を説明するためのウェハの断面図である。 40

【図 26】(a) ~ (c) 第 2 実施例に係るレーザ加工方法を説明するためのウェハの断面図である。

【図 27】第 2 実施例に係るレーザ加工方法を説明するためのウェハの断面図である。

【図 28】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 3 実施例を説明するためのフローチャートである。

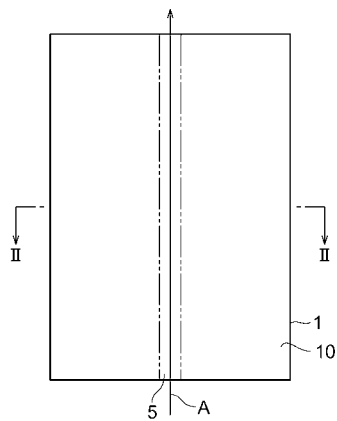
【図 29】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 4 実施例を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

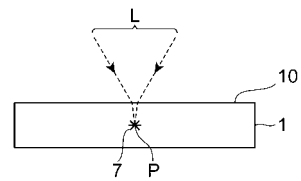
1 ... 加工対象物、 1 a ... ウェハ、 3 ... 表面、 4 ... 積層部、 5 ... 切断予定ライン、 6 ... 表面 50

、 7 ... 改質領域、 8 ... 切断起点領域、 9 ... クラック領域、 11 ... シリコンウェハ、 13 ... 溶融処理領域、 15 ... 基板、 17 a、 17 b ... 層間絶縁層、 18 ... 亀裂、 19 a、 19 b ... 配線層、 20 a、 20 b ... プラグ、 21 ... 裏面、 23 ... エキスパンダテープ、 24 ... チップ状部分、 25 ... 保護テープ、 100 ... レーザ加工装置、 101 ... レーザ光源、 102 ... レーザ光源制御部、 103 ... ダイクロイックミラー、 105 ... 集光用レンズ、 107 ... 載置台、 109 ... X軸ステージ、 111 ... Y軸ステージ、 113 ... Z軸ステージ、 115 ... ステージ制御部、 117 ... 観察用光源、 119 ... ビームスプリッタ、 121 ... 撮像素子、 123 ... 結像レンズ、 125 ... 撮像データ処理部、 127 ... 全体制御部、 129 ... モニタ、 L ... レーザ光、 P ... 集光点。

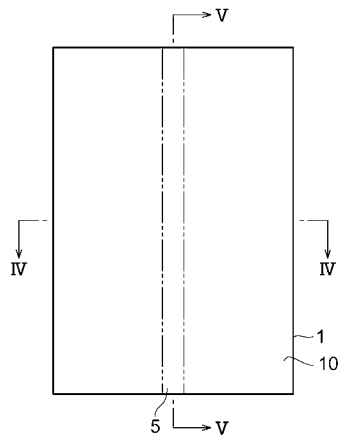
【図 1】



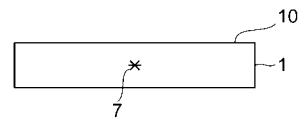
【図 2】



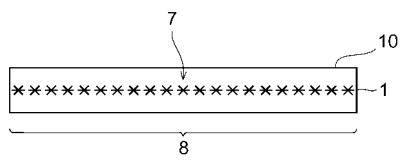
【 図 3 】



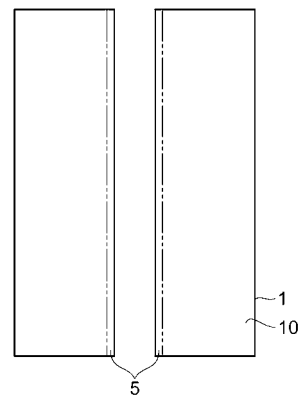
【 図 4 】



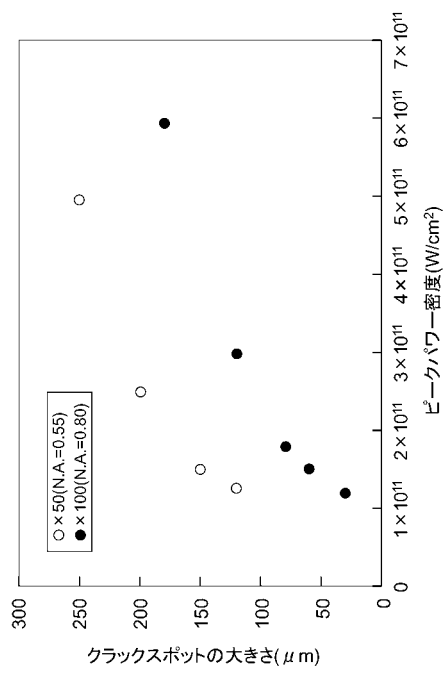
【 図 5 】



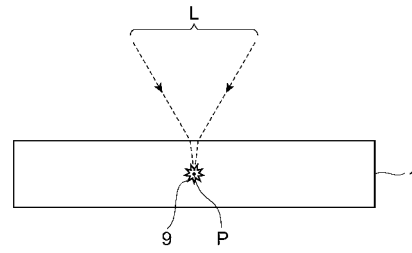
【 図 6 】



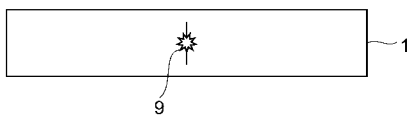
【図 7】



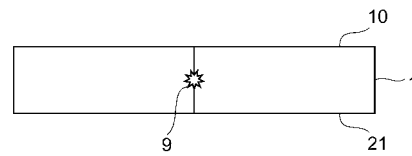
【図 8】



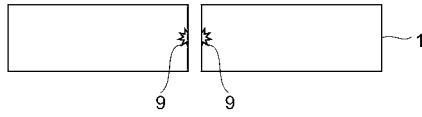
【図 9】



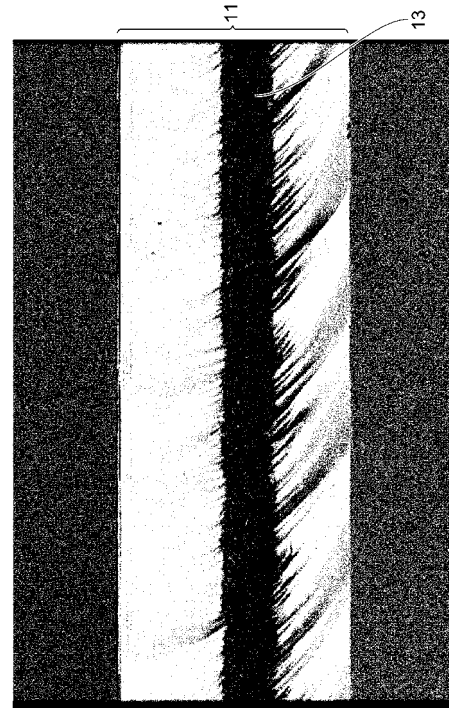
【図 10】



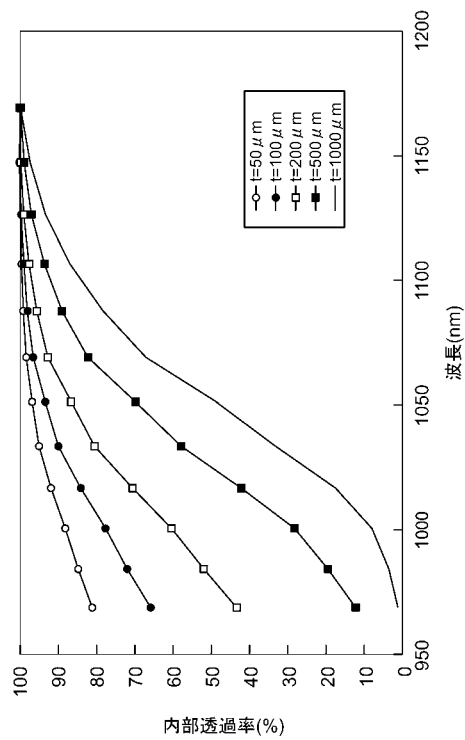
【図 1 1】



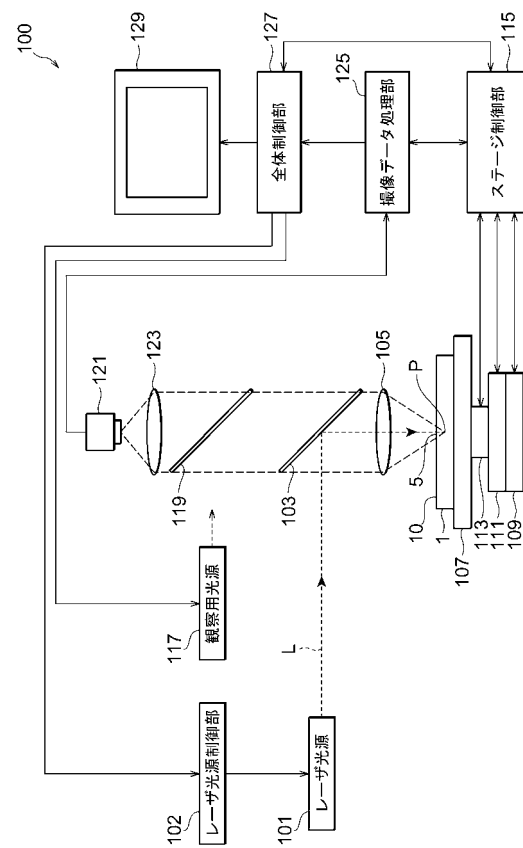
【図 1 2】



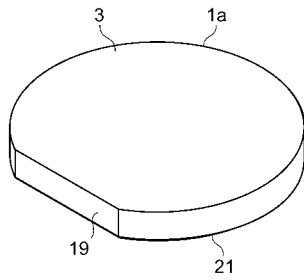
【図 1 3】



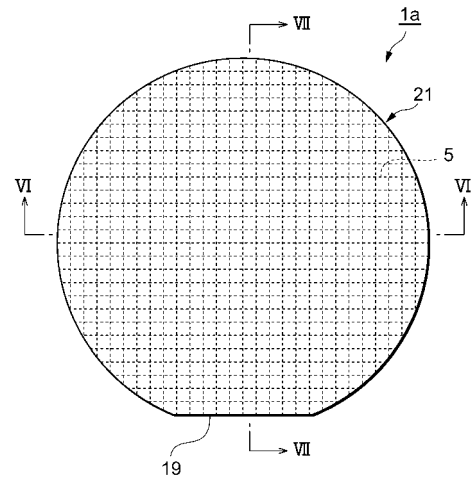
【図 1 4】



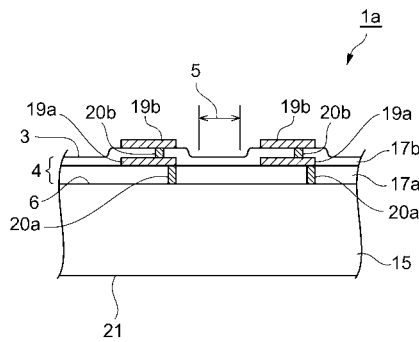
【図 15】



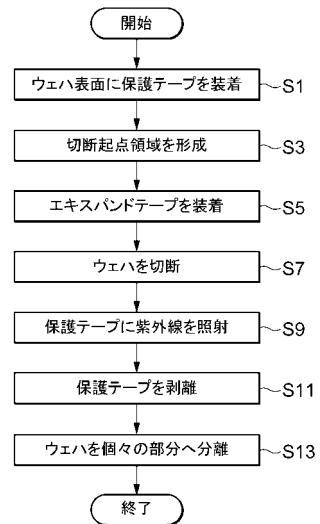
【図 16】



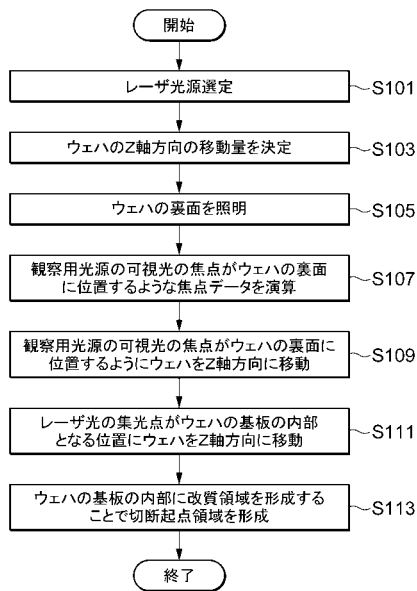
【図 17】



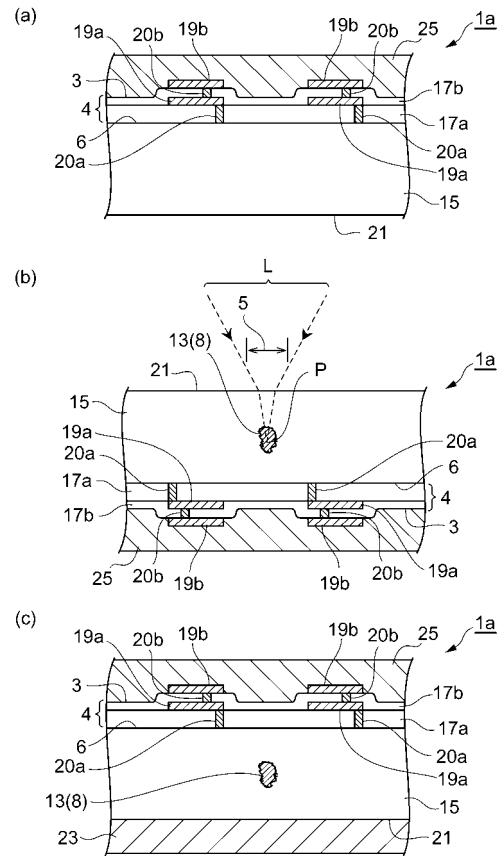
【図 18】



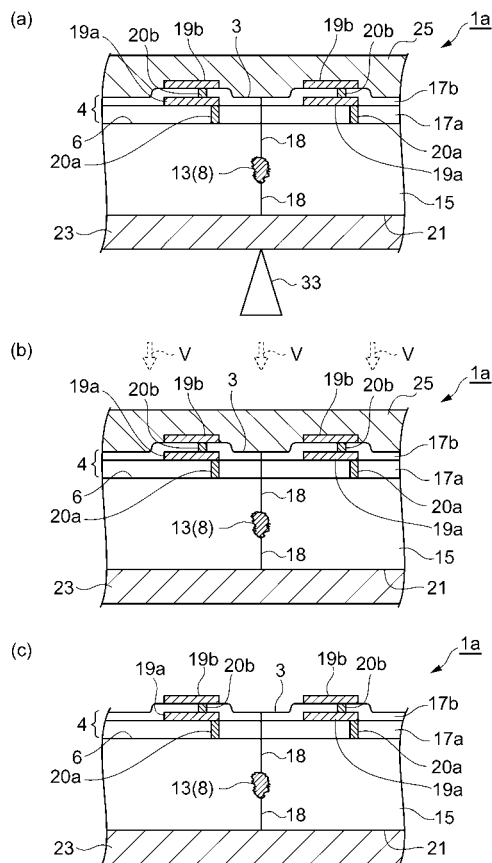
【図 19】



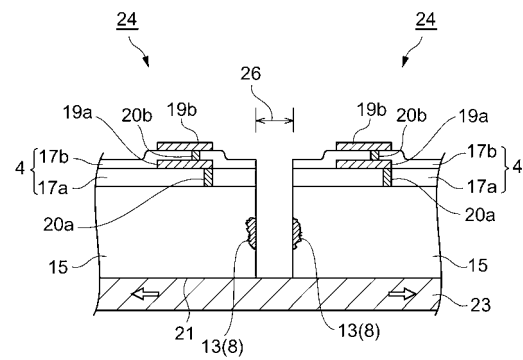
【図 20】



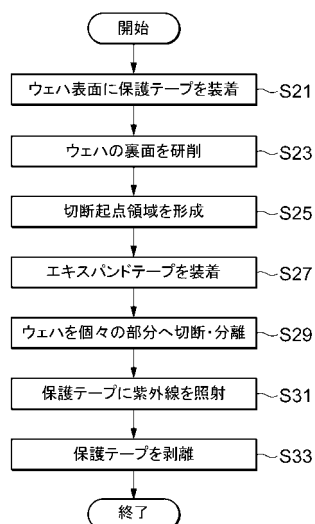
【図 21】



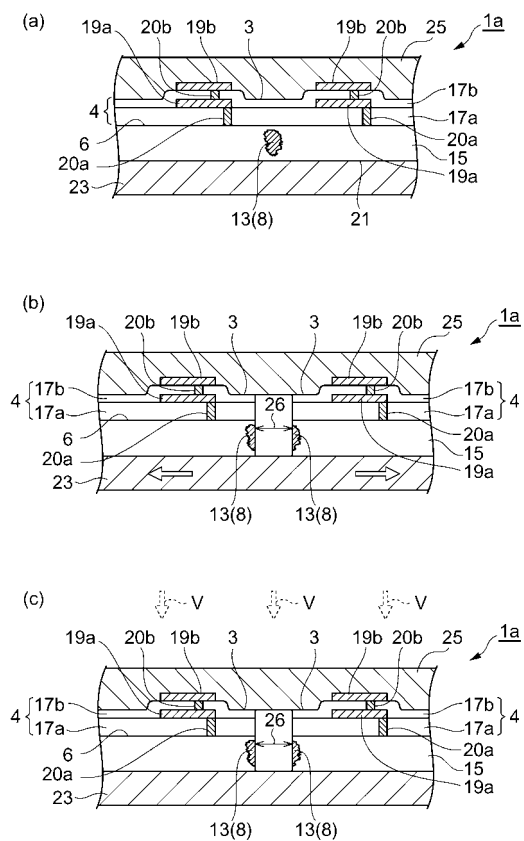
【図 22】



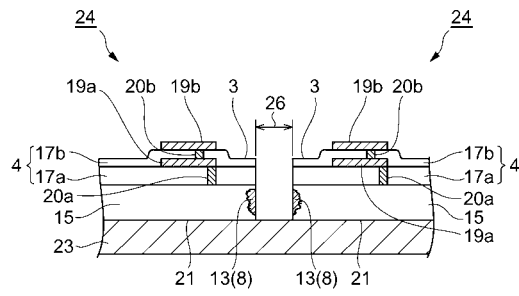
【 図 2 4 】



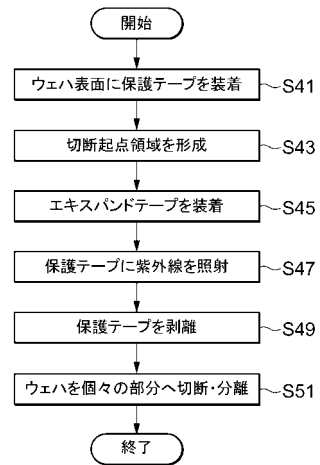
【 図 2 6 】



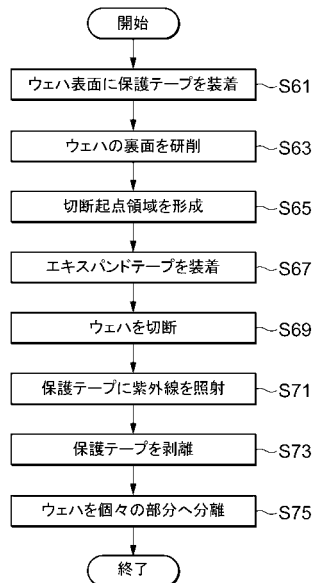
【図 27】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き(51) Int.Cl.⁷

F I

B 2 3 K 101:36

(72)発明者 内山 直己

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 紀本 孝

(56)参考文献 特開平 0 7 - 0 7 4 1 3 1 (J P , A)

特開平 0 4 - 3 5 6 9 4 2 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 9 2 3 7 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

B23K 26/00

B28D 5/00

H01L 21/301

H01L 21/304