

(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.C1.⁷

F 1

B23K 26/00

B23K 26/00 320E

B28D 5/00

B28D 5/00 Z

H01L 21/301

H01L 21/304 631

H01L 21/304

H01L 21/78 B

// B23K 101:36

H01L 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

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。

【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。

【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。

【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】

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プ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斷する方法である。一方、ダイヤモンドスクライプ法とは、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

10

20

20

30

40

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隙間が設けられているため、この隙間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プ法にあっては、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。

10

【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

【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溶融処理領域を形成し、この溶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溶融処理領域を形成し、この溶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。そして、多光子吸収という現象により10形成される改質領域（溶融処理領域）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。

【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。

【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。

【0015】

10

20

30

40

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溶融処理領域を形成し、この溶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、10
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溶融処理領域を形成し、この溶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。

【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る。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用うことができ、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に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、40
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。

【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 / cm²) 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I I - I I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I V - I V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は直線状に伸びた仮想線である（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が溶融することはない。

【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に不必要的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 / cm²) 以上で且つパルス幅が $1 \mu s$ 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ることなく、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 / cm²) 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。実験条件は次ぎの通りである。

(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 N d : Y A G レーザ
 波長：1 0 6 4 n m
 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：1 0 0 k H z
 パルス幅：3 0 n s
 出力：出力 < 1 m J / パルス
 レーザ光品質：T E M₀₀
 偏光特性：直線偏光
 (C) 集光用レンズ

10

レーザ光波長に対する透過率：6 0 パーセント
 (D) 基板が載置される載置台の移動速度：1 0 0 m m / 秒

【 0 0 2 8 】

なお、レーザ光品質が T E M₀₀ 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。

【 0 0 2 9 】

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 1 0 0 倍、開口数（N A）が 0 . 8 0 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 5 0 倍、開口数（N A）が 0 . 5 5 の場合である。ピークパワー密度が 10^{11} (W / cm²) 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。

20

【 0 0 3 0 】

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 によ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。

30

【 0 0 3 1 】

(2) 改質領域が溶融処理領域の場合

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 1×10^8 (W / cm²) 以上で且つパルス幅が 1 μ s 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溶融処理領域が形成される。溶融処理領域とは一旦溶融後再固化した領域や、まさに溶融状態の領域や、溶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ふこともできる。また、溶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ふこともできる。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、溶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 1×10^{12} (W / cm²) である。パルス幅は例えば 1 n s ~ 2 0 0 n s が好ましい。

40

50

【0032】

本発明者は、シリコンウェハの内部で溶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 $350 \mu\text{m}$ 、外径 4 インチ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザ励起 Nd : YAG レーザ

波長： 1064 nm

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： 100 kHz

10

パルス幅： 30 ns

出力： $20 \mu\text{J}$ / 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

倍率：50 倍

N.A. : 0.55

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： 100 mm/s

【0033】

20

図12は、上記条件でのレーザ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の内部に溶融処理領域13が形成されている。なお、上記条件により形成された溶融処理領域13の厚さ方向の大きさは $100 \mu\text{m}$ 程度である。

【0034】

溶融処理領域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 $50 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$ 、 $200 \mu\text{m}$ 、 $500 \mu\text{m}$ 、 $1000 \mu\text{m}$ の各々について上記関係を示した。

30

【0035】

例えば、Nd : YAG レーザの波長である 1064 nm において、シリコン基板の厚さが $500 \mu\text{m}$ 以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザ光が 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 $350 \mu\text{m}$ なので、多光子吸収による溶融処理領域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 $175 \mu\text{m}$ の部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ $200 \mu\text{m}$ のシリコンウェハを参考にすると、90 %以上なので、レーザ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の内部でレーザ光が吸収されて、溶融処理領域13がシリコンウェハ11の内部に形成（つまりレーザ光による通常の加熱で溶融処理領域が形成）されたものではなく、溶融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを意味する。

40

【0036】

なお、シリコンウェハは、溶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、溶融処理領域を起点とした亀裂が生じるのは、溶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、溶融処理領域13の上下には尖頭状の溶融痕が存在する。この溶融痕によって、溶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、溶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

50

2のよう 内部にのみ溶融処理領域が形成されている。基板の内部に溶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/cm²)以上で且つパルス幅が1ns以下の条件でレーザ光を照射する。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は、例えば 1×10^{12} (W/cm²)である。パルス幅は例えば1ns以下が好ましく、1ps以下がさらに好ましい。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(A_{1.2}O₃)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、上述したレーザ加工方法に使用されるレーザ加工装置について、図14を参照して説明する。図14はレーザ加工装置100の概略構成図である。

【0042】

レーザ加工装置100は、レーザ光Lを発生するレーザ光源101と、レーザ光Lの出力やパルス幅等を調節するためにレーザ光源101を制御するレーザ光源制御部102と、レーザ光Lの反射機能を有しかつレーザ光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、この他、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 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あ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 V I - V I 断面及び V II - V II 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1a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1aの劈開面に沿って想定されるとよい。

【0051】

また、ウェハ1a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、OF19は縦横に交差する切断予定ライン5のうちの一方向と平行な方向を長手方向として形成されている。OF19は、ウェハ1a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1a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17a及び17b、並びに金属(W)からなる第1の配線層19a及び第2の配線層19bを有している。層間絶縁層17a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19aが積層されている。第1の配線層19a及び基板15は、層間絶縁層17aを貫通するように設けられたプラグ20aによって互いに電気的に接続されている。層間絶縁層17bは層間絶縁層17a及び第1の配線層19a上に積層されており、層間絶縁層17b上であって第1の配線層19aに対応する領域に第2の配線層19bが積層されている。第2の配線層19b及び第1の配線層19aは、層間絶縁層17bを貫通するように設けられたプラグ20bによって互いに電気的に接続されている。

10

【0053】

層間絶縁層17b上であって第2の配線層19b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17bの表面（すなわち、ウェハ1a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1aの断面図である。

【0055】

30

図18を参照すると、まず、ウェハ1a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(S3、図20(b))。ここで、図20(b)に示されるウェハ1a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1a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溶融処理領域13を形成する。この溶融処理領域13が、ウェハ1aを切断する際の切断起点領域8となる。

40

【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1a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1a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1a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

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1a内部には切断起点領域8から表面3及び裏面21へ達する亀裂18が生じ、基板15が切断されると同時に、層間絶縁層17a及び17bも切断される。ウェハ1aに応力を印加する手段としては、ナイフエッジ33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1aの表面3や裏面21にその面が溶融しないエネルギーにてウェハ1aに対して吸収性を有するレーザ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1aの表面3に装着された保護テープ25の上からナイフエッジ33等を当てて曲げ応力を印加してもよい。

【0066】

続いて、ウェハ1aの表面3に装着された保護テープ25に紫外線Vを照射する(S9、図21(b))。保護テープ25に紫外線Vを照射することによって、保護テープ25を除去可能な状態とする。そして、保護テープ25をウェハ1aの表面3から剥離する(S11、図21(c))。なお、保護テープ25の剥離はウェハ1aを切断する工程(S7)の前に行ってても良い。

【0067】

続いて、ウェハ1aを個々のチップ状部分24に分離する(S13、図22)すなわち、エキスパンドテープ23を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。こうすることにより、複数のチップ状部分24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加工方法においては、ウェハ1aの表面3に保護テープ25を装着することによって、ウェハ1aを裏面21を上にして載置台107上に載置することができるので、ウェハ1aの裏面21から基板15の内部にレーザ光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1a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15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1aを切断することができる。そして、ウェハ1aの裏面21にエキスパンドテープ23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1aの複数のチップ状部分24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加工方法によれば、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。

【0071】

また、本実施例に係るレーザ加工方法によれば、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24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24同士の間隔を小さくし、より多くのチップ状部分24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光Lが照射されないように考慮する必要が生じる場合がある。特に本方法では多光子吸収現象を利用するためにはレーザ光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光Lが照射されないようにしつつ表面3からレーザ光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 (Test Element Group) 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、エキスバンドテープ 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を行うことにより、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 3 0 μm ~ 5 0 μm 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、エキスバンドテープ 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、エキスバンドテープ 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

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が充分に薄くなるように研削したので、エキスバンドテープ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、エキスバンドテープ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の剥離はエキスバンドテープ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】

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。

20

【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に装着したエキスバンドテープ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。エキスバンドテープ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を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、溶融処理領域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、エキスバンドテープ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、エキスバンドテープ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、エキスバンドテープ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、エキスバンドテープ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、エキスバンドテープ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】

20

続いて、エキスバンドテープ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、エキスバンドテープ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、エキスバンドテープ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。

【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、エキスバンドテープ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うることができるので、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、エキスバンドテープ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))、エキスバンドテープ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を研削しているので、基板15の厚さは図20(c)、図21(a)～(c)、及び図22に示された基板15よりも薄くなっている。なお、保護テープ25の剥離はウェハ1aを切断する工程(S69)の前に行っても良い。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、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。

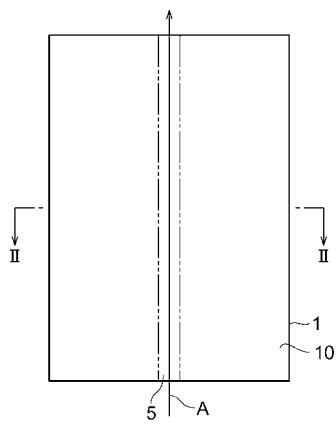
【図 29】本実施形態に係るレーザ加工方法の第 4 実施例を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

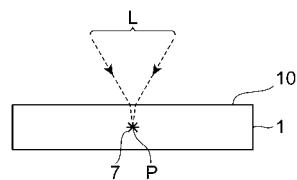
1 ... 加工対象物、 1 a ... ウェハ、 3 ... 表面、 4 ... 積層部、 5 ... 切断予定ライン、 6 ... 表面 50

、7…改質領域、8…切斷起点領域、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、17a、17b…層間絶縁層、18…亀裂、19a、19b…配線層、20a、20b…プラグ、21…裏面、23…エキスパンドテープ、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。

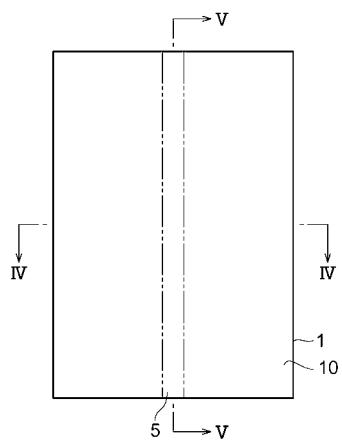
【図1】



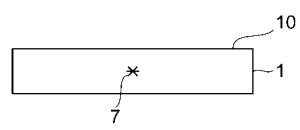
【図2】



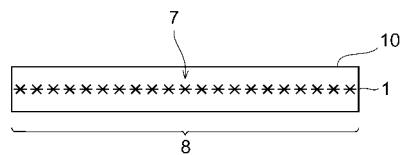
【図3】



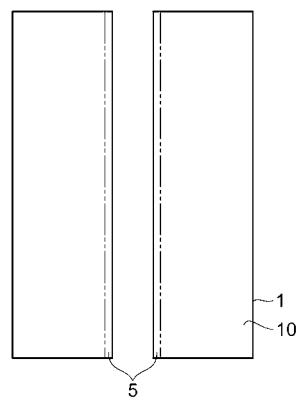
【図4】



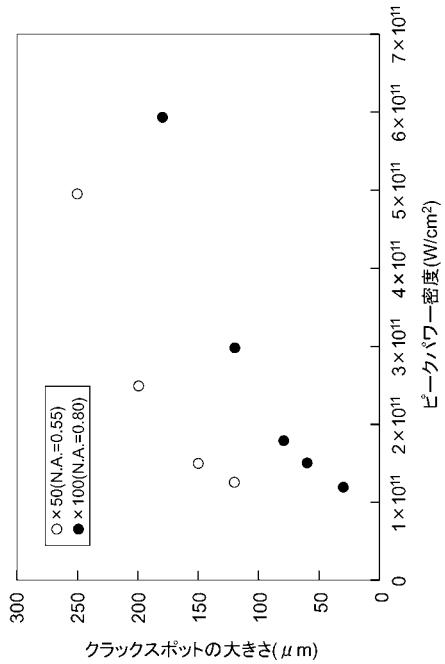
【図5】



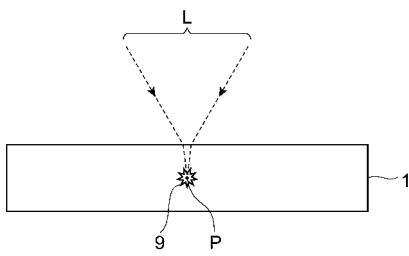
【図6】



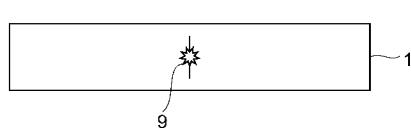
【図7】



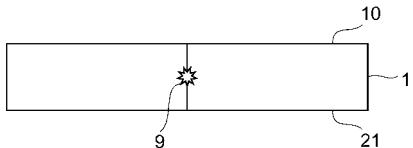
【図8】



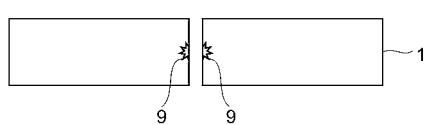
【図9】



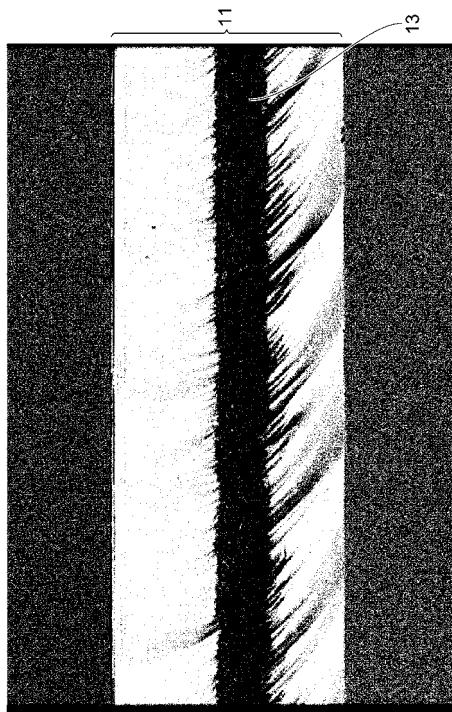
【図10】



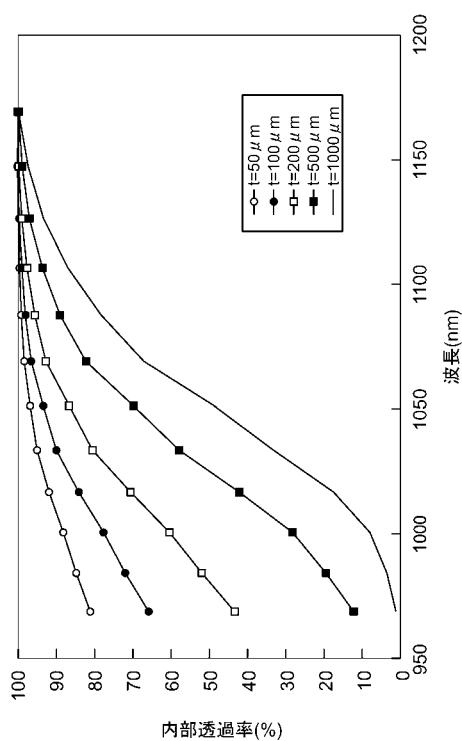
【図 1 1】



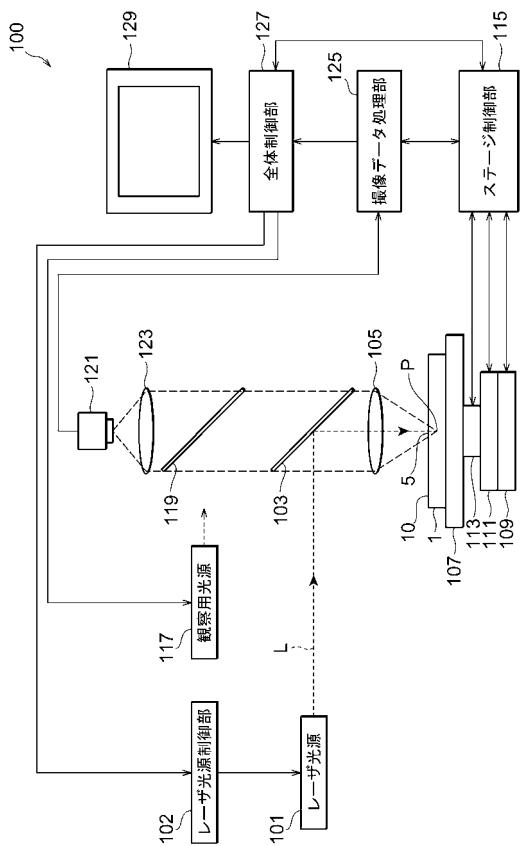
【図 1 2】



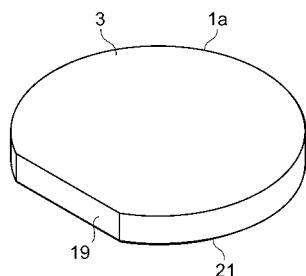
【図 1 3】



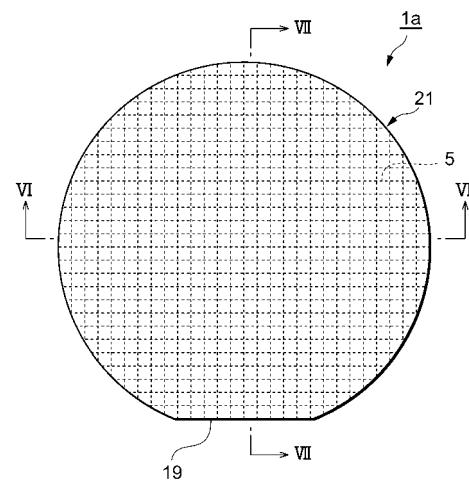
【図 1 4】



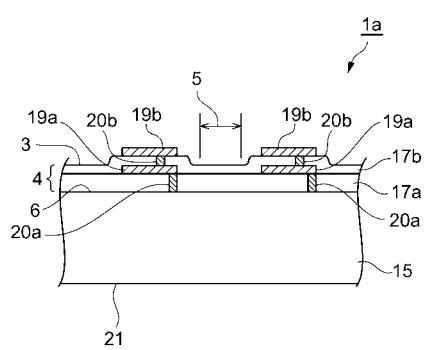
【図15】



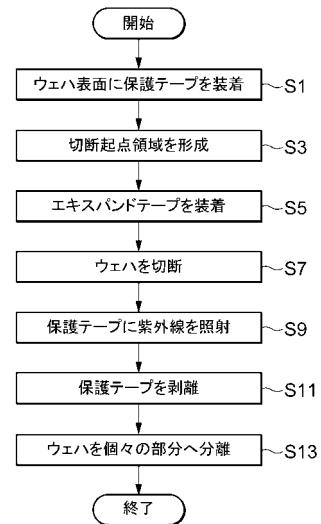
【図16】



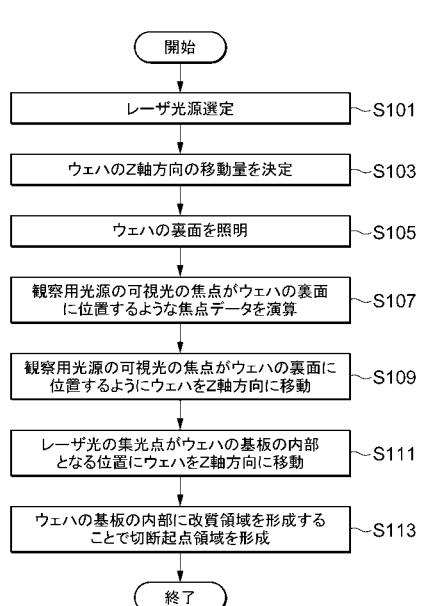
【図17】



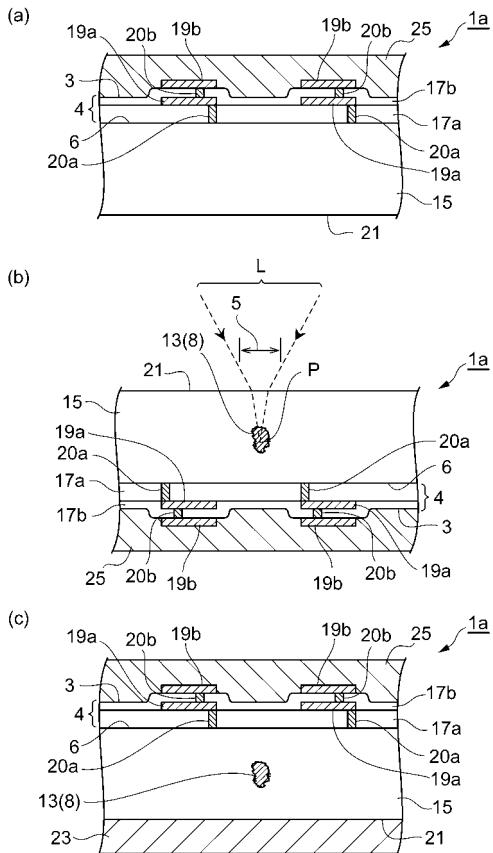
【図18】



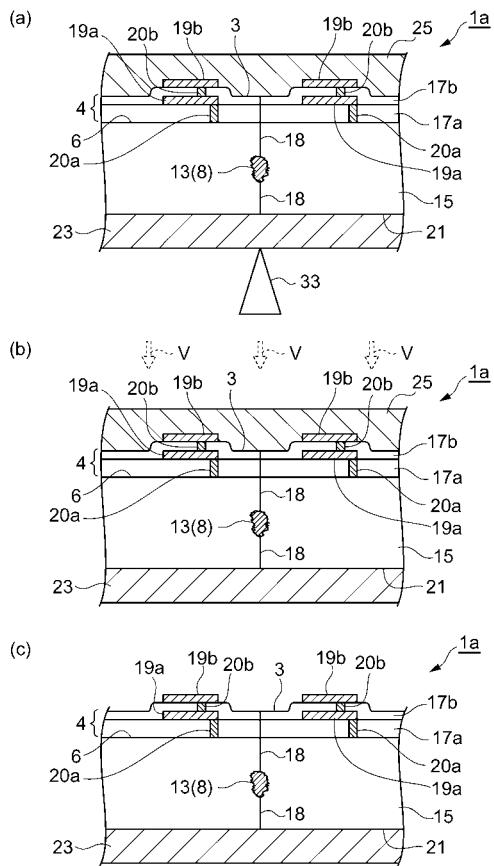
【図19】



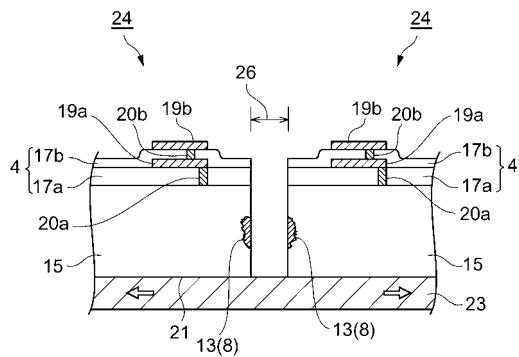
【図20】



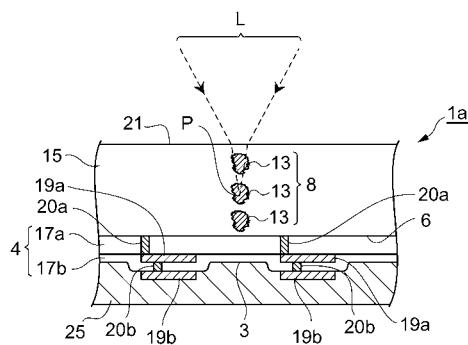
【図21】



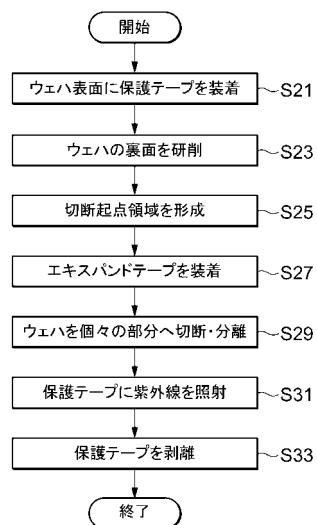
【図22】



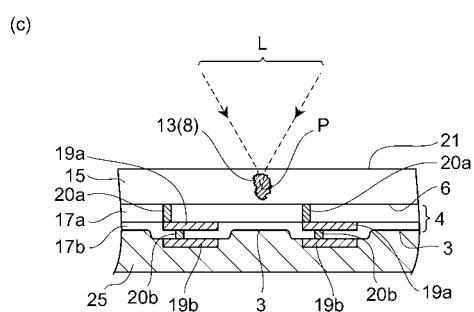
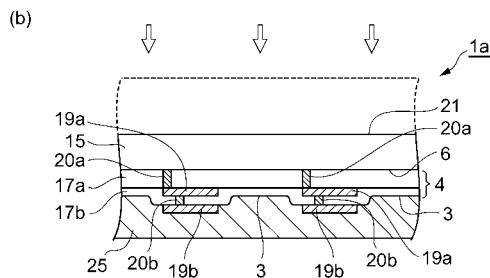
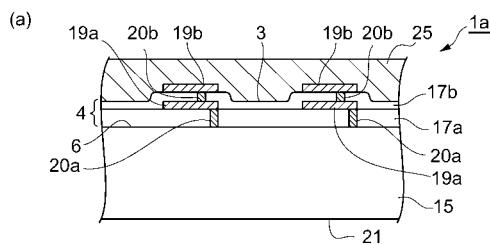
【図23】



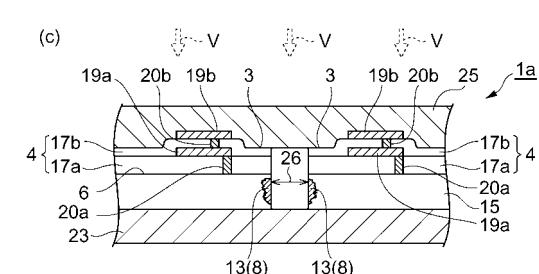
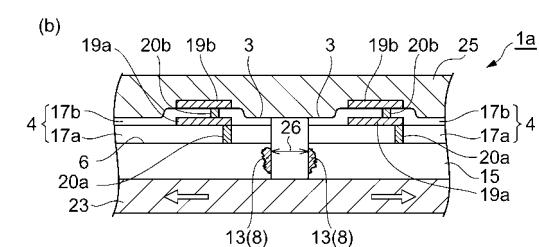
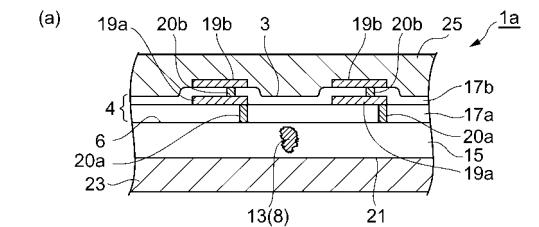
【図24】



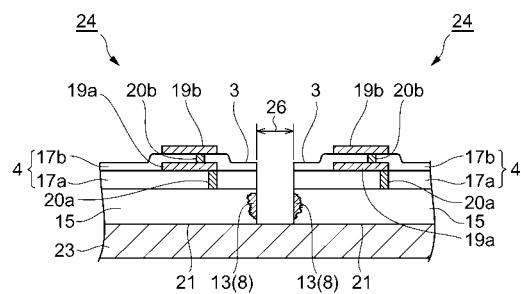
【図25】



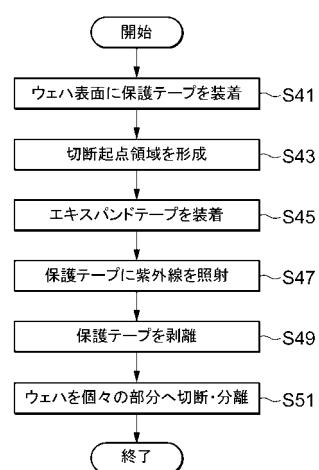
【図26】



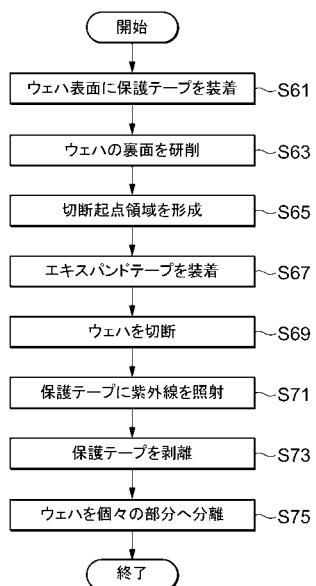
【図27】



【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1126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07-074131(JP,A)

特開平04-356942(JP,A)

特開2002-192370(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B23K 26/00

B28D 5/00

H01L 21/301

H01L 21/304