

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6925900号  
(P6925900)

(45) 発行日 令和3年8月25日 (2021.8.25)

(24) 登録日 令和3年8月6日 (2021.8.6)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/301 (2006.01)

H O 1 L 21/78 S

B 2 3 K 26/53 (2014.01)

B 2 3 K 26/53

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 5 A

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2017-140871 (P2017-140871)  
 (22) 出願日 平成29年7月20日 (2017.7.20)  
 (65) 公開番号 特開2019-21834 (P2019-21834A)  
 (43) 公開日 平成31年2月7日 (2019.2.7)  
 審査請求日 令和2年7月6日 (2020.7.6)

(73) 特許権者 000158312  
 岩谷産業株式会社  
 大阪府大阪市中央区本町3丁目6番4号  
 (73) 特許権者 000236436  
 浜松ホトニクス株式会社  
 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1  
 (74) 代理人 110001195  
 特許業務法人深見特許事務所  
 (72) 発明者 真鍋 俊樹  
 東京都港区西新橋3丁目21番8号 岩谷  
 産業株式会社東京本社内  
 (72) 発明者 妹尾 武彦  
 兵庫県尼崎市次屋3丁目3番16号 岩谷  
 産業株式会社中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 切断加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

板状の加工対象物を切断予定ラインに沿って切断するための切断加工方法であって、  
 前記加工対象物に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物に改質領域を形成する工程と、  
 前記加工対象物に前記改質領域を形成した後に、前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物に溝を形成する工程とを備え、  
 前記溝を形成する工程では、  
 前記加工対象物の表面から裏面に向かって第1のドライエッチング処理が施され、  
 前記第1のドライエッチング処理の後に、前記加工対象物が前記第1のドライエッチング処理時よりも減圧の雰囲気下に置かれる第1の減圧処理が施され、  
 前記第1の減圧処理の後に、前記加工対象物の前記表面から前記裏面に向かって第2のドライエッチング処理が施される、切断加工方法。

【請求項2】

前記溝を形成する工程では、前記溝が前記加工対象物の前記表面から前記裏面に至るように形成されることにより、前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物が切断される、請求項1に記載の切断加工方法。

【請求項3】

前記溝を形成する工程では、

前記第2のドライエッチング処理の後に、前記加工対象物が前記第2のドライエッチン

10

20

グ処理時よりも減圧の雰囲気下に置かれる第2の減圧処理が施され、

前記第2の減圧処理の後に、前記加工対象物の前記表面から前記裏面に向かって第3のドライエッチング処理が施される、請求項1または2に記載の切断加工方法。

【請求項4】

前記溝を形成する工程では、前記第1のドライエッチング処理および前記第2のドライエッチング処理のそれぞれにハロゲン系エッチングガスが用いられる、請求項1～3のいずれか1項に記載の切断加工方法。

【請求項5】

前記ハロゲン系エッチングガスは、それぞれ三フッ化塩素、三フッ化窒素、六フッ化硫黄、フッ素、塩素、臭化水素、四フッ化炭素、八フッ化シクロブタン、三フッ化メタン、三塩化ホウ素の少なくともいずれかを含む、請求項4に記載の切断加工方法。

10

【請求項6】

前記加工対象物の材料は、珪素、タングステン、チタン、窒化チタンおよびモリブデンの少なくともいずれかを含み、

前記溝を形成する工程では、前記ハロゲン系エッチングガスとしてプラズマレスの三フッ化塩素ガスが用いられ、10Pa以上90kPa( abs )以下の圧力および上記材料の各フッ化物の沸点以上200 未満の温度で、前記第1のドライエッチング処理および前記第2のドライエッチング処理が施される、請求項5に記載の切断加工方法。

【請求項7】

前記加工対象物の材料は、二酸化珪素、窒酸化珪素および窒化珪素の少なくともいずれかを含み、

20

前記溝を形成する工程では、前記ハロゲン系エッチングガスに無水フッ化水素が添加された状態で前記第1のドライエッチング処理および前記第2のドライエッチング処理が施される、請求項6に記載の切断加工方法。

【請求項8】

前記加工対象物の材料は、珪素、タングステン、チタン、窒化チタンおよびモリブデン、二酸化珪素、窒酸化珪素および窒化珪素の少なくともいずれかを含み、

前記溝を形成する工程は、エッチングガスとしてプラズマの四フッ化炭素、六フッ化硫黄、三フッ化メタン、フッ化水素、酸素の少なくともいずれかが用いられ、10Pa以上0.8kPa( abs )以下の圧力および200 未満の温度で、前記第1のドライエッチング処理および前記第2のドライエッチング処理が施される、請求項1に記載の切断加工方法。

30

【請求項9】

前記加工対象物の材料は、アルミニウム、珪素、タングステン、チタン、窒化チタンおよびモリブデンの少なくともいずれかを含み、

前記溝を形成する工程は、エッチングガスとしてプラズマの塩素、臭化水素、塩化水素、三塩化ホウ素の少なくともいずれかが用いられ、10Pa以上0.8kPa( abs )以下の圧力および200 未満の温度で、前記第1のドライエッチング処理および前記第2のドライエッチング処理が施される、請求項1に記載の切断加工方法。

【請求項10】

40

前記加工対象物に前記改質領域を形成する工程では、前記表面側の前記改質領域の形成状態と、前記裏面側の前記改質領域の形成状態とが略同一となるように前記改質領域が形成される、請求項1～9のいずれか1項に記載の切断加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、切断加工方法に関し、特に、板状の加工対象物を切断予定ラインに沿って切断するための切断加工方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

従来、板状の加工対象物に集光点を合わせてレーザ光が照射されることにより改質領域が形成された後に、改質領域にエッチング処理が施される加工方法が知られている。この加工方法は、例えば、特開 2 0 0 4 - 3 5 9 4 7 5 号公報（特許文献 1）に記載されている。この公報に記載された加工方法では、改質領域に施されるエッチング処理として、ウェットエッチング処理が用いられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 5 9 4 7 5 号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

上記公報に記載された加工方法を用いて半導体基板などの加工対象物を切断する切断加工方法が考えられる。加工対象物としての半導体基板から形成されるチップのサイズが小さい場合、ウェットエッチング処理よりも微細加工が可能なドライエッチング処理が好適である。改質領域に施されるエッチング処理として、一般的なドライエッチング処理が用いられた場合、切断予定ラインに沿って形成される溝の幅が狭くなるため、溝にエッチングガスが入り込みにくい。したがって、溝を形成する速度が小さいという問題がある。

【 0 0 0 5 】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、切断予定ラインに沿って溝を形成する速度を大きくすることができる切断加工方法を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の切断加工方法は、板状の加工対象物を切断予定ラインに沿って切断するためのものである。切断加工方法は、加工対象物に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、切断予定ラインに沿って加工対象物に改質領域を形成する工程と、加工対象物に改質領域を形成した後に、切断予定ラインに沿って加工対象物に溝を形成する工程とを備えている。溝を形成する工程では、加工対象物の表面から裏面に向かって第 1 のドライエッチング処理が施される。第 1 のドライエッチング処理の後に、加工対象物が第 1 のドライエッチング処理時よりも減圧の雰囲気下に置かれる第 1 の減圧処理が施される。第 1 の減圧処理の後に、加工対象物の表面から裏面に向かって第 2 のドライエッチング処理が施される。

30

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明の切断加工方法によれば、切断予定ラインに沿って溝を形成する速度を大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】本発明の実施の形態に係る切断加工方法における加工対象物の概略平面図である。

40

【図 2】図 1 の I I - I I 線に沿う断面図である。

【図 3】本発明の実施の形態に係る切断加工方法における改質領域の形成に用いられるレーザ加工装置の概略構成図である。

【図 4】本発明の実施の形態に係る切断加工方法における改質領域の形成の対象となる加工対象物の概略平面図である。

【図 5】図 4 の V - V 線に沿う断面図である。

【図 6】本発明の実施の形態に係る切断加工方法におけるレーザ加工後の加工対象物の概略平面図である。

【図 7】図 6 の V I I - V I I 線に沿う断面図である。

【図 8】図 6 の V I I I - V I I I 線に沿う断面図である。

50

【図 9】本発明の実施の形態に係る切断加工方法における改質領域が形成された後の加工対象物の概略平面図である。

【図 10】図 9 の X - X 線に沿う断面図である。

【図 11】本発明の実施の形態に係る切断加工方法における溝の形成に用いられるエッチング処理装置の概略構成図である。

【図 12】本発明の実施の形態に係る切断加工方法における溝が形成された後の加工対象物の概略平面図である。

【図 13】図 12 の X I I I - X I I I 線に沿う断面図である。

【図 14】図 10 の領域 A の拡大断面図である。

【図 15】図 10 の領域 A に施される第 1 のドライエッチング処理を説明するための拡大断面図である。

10

【図 16】図 10 の領域 A に施される第 1 の減圧処理を説明するための拡大断面図である。

【図 17】図 10 の領域 A に施される第 2 のドライエッチング処理を説明するための拡大断面図である。

【図 18】図 10 の領域 A に施される第 2 の減圧処理を説明するための拡大断面図である。

【図 19】図 10 の領域 A に施される第 3 のドライエッチング処理を説明するための拡大断面図である。

【図 20】分割後の加工対象物の概略平面図である。

20

【図 21】図 20 の X X I - X X I 線に沿う断面図である。

【図 22】本発明の実施の形態に係る切断加工方法を説明するためのフローチャートである。

【図 23】本発明の実施の形態に係る切断加工方法におけるレーザ加工後の加工対象物における T E G 形成領域の概略断面図である。

【図 24】図 23 の T E G 形成領域に施される第 1 のドライエッチング処理を説明するための拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態に係る切断加工方法について図を参照して説明する。なお、特に説明しない限り、同一の要素については同一の符号を付し、その説明を繰り返さない。

30

【0010】

図 1 および図 2 を参照して、本発明の実施の形態に係る切断加工方法の加工対象物 1 が準備される。図 1 および図 2 に示されるように、加工対象物 1 は、例えば、半導体基板である。以下、加工対象物 1 が半導体基板の場合について説明する。

【0011】

加工対象物 1 としての半導体基板は略円板状に構成されている。加工対象物（半導体基板）1 の外周にはオリエンテーションフラット 2 が設けられている。加工対象物（半導体基板）1 は、例えば、シリコン（S i）ウェハ等である。

40

【0012】

加工対象物（半導体基板）1 の表面 3 に複数の機能素子（図示せず）が設けられている。つまり、加工対象物（半導体基板）1 は、基板本体と、基板本体の表面に配置された複数の機能素子とを含んでいる。機能素子は、例えば、結晶成長により形成された半導体動作層、フォトダイオード等の受光素子、レーザダイオード等の発光素子、或いは回路として形成された回路素子等である。機能素子は、半導体基板のオリエンテーションフラット 2 に平行な方向及び垂直な方向にマトリックス状に複数設けられている。

【0013】

続いて、図 3 ～ 図 10 を参照して、本発明の実施の形態に係る切断加工方法における改質領域の形成について説明する。まず、改質領域の形成に用いられるレーザ加工装置 10

50

0 について説明する。

【 0 0 1 4 】

図 3 に示されるように、レーザ加工装置 1 0 0 は、レーザ光（加工用レーザ光）L をパルス発振するレーザ光源 1 0 1 と、レーザ光 L の光軸の向きを 9 0 ° 変えるように配置されたダイクロイックミラー 1 0 3 と、レーザ光 L を集光するための集光用レンズ 1 0 5 と、を備えている。また、レーザ加工装置 1 0 0 は、集光用レンズ 1 0 5 で集光されたレーザ光 L が照射される加工対象物（半導体基板）1 を支持するための支持台 1 0 7 と、支持台 1 0 7 を X、Y、Z 軸方向に移動させるためのステージ 1 1 1 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 1 0 1 を制御するレーザ光源制御部 1 0 2 と、ステージ 1 1 1 の移動を制御するステージ制御部 1 1 5 とを備えている。

10

【 0 0 1 5 】

このレーザ加工装置 1 0 0 においては、レーザ光源 1 0 1 から出射されたレーザ光 L は、ダイクロイックミラー 1 0 3 によってその光軸の向きを 9 0 ° 変えられ、支持台 1 0 7 上に載置された加工対象物（半導体基板）1 の内部に集光用レンズ 1 0 5 によって集光される。これと共に、ステージ 1 1 1 が移動させられ、加工対象物（半導体基板）1 がレーザ光 L に対して切断予定ラインに沿って相対移動させられる。これにより、切断予定ライン 5 に沿って、切断の起点となる改質領域が加工対象物（半導体基板）1 に形成されることとなる。以下、この改質領域について詳細に説明する。

【 0 0 1 6 】

図 4 に示されるように、板状の加工対象物（半導体基板）1 には、加工対象物（半導体基板）1 を切断するための切断予定ライン 5 が設定されている。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 の内部に改質領域を形成する場合、図 5 に示されるように、加工対象物（半導体基板）1 の内部に集光点 P を合わせた状態で、レーザ光 L を切断予定ライン 5 に沿って（すなわち、図 4 の矢印 A 方向に）相対的に移動させる。これにより、図 6 ~ 図 8 に示されるように、改質領域 7 が切断予定ライン 5 に沿って加工対象物（半導体基板）1 の内部に形成され、切断予定ライン 5 に沿って形成された改質領域 7 が切断起点領域 8 となる。

20

【 0 0 1 7 】

なお、集光点 P とは、レーザ光 L が集光する箇所のことである。また、切断予定ライン 5 は、直線状に限らず曲線状であってもよいし、仮想線に限らず加工対象物 1 の表面 3 に実際に引かれた線であってもよい。また、改質領域 7 は、連続的に形成される場合もあるし、断続的に形成される場合もある。また、改質領域 7 は少なくとも加工対象物 1 の内部に形成されていればよい。また、改質領域 7 を起点に亀裂が形成される場合があり、亀裂及び改質領域 7 は、加工対象物 1 の外表面（表面、裏面、若しくは外周面）に露出しているてもよい。

30

【 0 0 1 8 】

改質領域 7 は、密度、屈折率、機械的強度やその他の物理的特性が周囲とは異なる状態になった領域をいう。例えば、熔融処理領域、クラック領域、絶縁破壊領域、屈折率変化領域等があり、これらが混在した領域もある。

【 0 0 1 9 】

再び、図 3 を参照して、加工対象物（半導体基板）1 がレーザ加工装置 1 0 0 の支持台 1 0 7 上に固定される。そして、加工対象物（半導体基板）1 の表面 3 をレーザ光入射面として加工対象物（半導体基板）1 の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L が照射され、支持台 1 0 7 の移動によって、隣り合う機能素子間を通るように格子状に設定された切断予定ライン 5 に沿って集光点 P がスキャンされる。また、切断予定ライン 5 上において、加工対象物（半導体基板）1 の厚み方向に沿って集光点 P がスキャンされる。

40

【 0 0 2 0 】

これにより、図 9 に示されるように、加工対象物（半導体基板）1 に改質領域 7 が格子状に形成される。また、図 1 0 に示されるように加工対象物（半導体基板）1 の内部において、加工対象物（半導体基板）1 の表面 3 側から裏面 4 側に向かって改質領域 7 が形成

50

される。つまり、加工対象物（半導体基板）１の厚み方向に改質領域７が形成される。

【００２１】

加工対象物（半導体基板）１の表面側の改質領域７の形成状態と、裏面側の改質領域７の形成状態とが略同一となるように改質領域７が形成されてもよい。この場合、加工対象物（半導体基板）１の厚み方向において、加工対象物（半導体基板）１の中央から表面３までの改質領域７の形成状態と、当該中央から裏面４までの改質領域７の形成状態とが略同一となっている。つまり、改質領域７は、加工対象物（半導体基板）１の厚み方向において、当該中央に対して対称に形成されている。

【００２２】

続いて、図１１～図１９を参照して、本発明の実施の形態に係る切断加工方法における溝９の形成について説明する。まず、溝９の形成に用いられるエッチング処理装置２００について説明する。

【００２３】

図１１に示されるように、エッチング処理装置２００は、チャンバー２０１と、ステージ２０２と、圧力計２０３と、温度計２０４と、弁２０５と、真空ポンプ２０６と、弁２０７と、弁２０８と、流量コントローラー２０９と、第１のガス供給装置２１０と、弁２１１と、流量コントローラー２１２と、第２のガス供給装置２１３とを備えている。

【００２４】

エッチング処理装置２００において、チャンバー２０１は、改質領域７が形成された加工対象物（半導体基板）１を収容するように構成されている。チャンバー２０１内に配置されたステージ２０２に加工対象物（半導体基板）１が載置される。ステージ２０２は温度を調整可能に構成されている。ステージ２０２に加工対象物（半導体基板）１が載置された状態でステージ２０２が加熱されることにより、加工対象物（半導体基板）１はステージ２０２と温度が等しくなるように加熱される。

【００２５】

チャンバー２０１には、チャンバー２０１内の圧力を測定するための圧力計２０３が接続されている。ステージ２０２にはステージ２０２の温度に基づいて加工対象物１の温度を測定するための温度計２０４が接続されている。温度計２０４は、ステージ２０２に接続されており、ステージ２０２の温度を測定することによりステージ２０２と同じ温度に加熱された加工対象物（半導体基板）１の温度を測定する。チャンバー２０１には、弁２０５を介して真空ポンプ２０６が配管により接続されている。真空ポンプ２０６は、例えばターボ分子ポンプ、メカニカルブースターポンプなどである。

【００２６】

チャンバー２０１には、弁２０７、弁２０８、流量コントローラー２０９を介して第１のガス供給装置２１０が配管により接続されている。第１のガス供給装置２１０は、第１のエッチングガスを供給可能に構成されている。また、チャンバー２０１には、弁２０７、弁２１１、流量コントローラー２１２を介して第２のガス供給装置２１３が配管により接続されている。第２のガス供給装置２１３は第２のエッチングガスを供給可能に構成されている。第２のエッチングガスは、第１のエッチングガスと同じエッチングガスであってもよく、違うエッチングガスであってもよい。弁２０５、弁２０７、弁２０８、弁２１１は、例えば電子調整弁などである。流量コントローラー２０９、２１２は、例えばマスフローメータなどである。

【００２７】

なお、図１１では、エッチング処理装置２００は、第１のガス供給装置２１０の他に第２のガス供給装置２１３を備えているが、第１のガス供給装置２１０のみを備えていてもよい。つまり、エッチング処理装置２００は、１つのガス供給装置のみを備えていてもよい。また、エッチング処理装置２００は、３つ以上のガス供給装置を備えていてもよい。

【００２８】

図１２および図１３に示されるように、エッチング処理装置２００において、加工対象物（半導体基板）１の表面３から裏面４に向かったドライエッチング処理が施される。

10

20

30

40

50

ドライエッチング処理は、例えば、六フッ化硫黄（ $\text{SF}_6$ ）、八フッ化シクロブタン（ $\text{C}_4\text{F}_8$ ）及び酸素（ $\text{O}_2$ ）の混合ガスを用いた異方性のドライエッチング処理である。これにより、加工対象物（半導体基板）1の表面3がエッチングされる。このとき、加工対象物（半導体基板）1においては、例えば単結晶シリコンである改質領域7のエッチングレートよりも、例えば多結晶シリコンである改質領域7のエッチングレートのほうが高いため、切断予定ライン5に沿って加工対象物（半導体基板）1の表面3に溝9が形成される。なお、ドライエッチング処理は、機能素子上に例えばフォトレジストが形成された状態で施されてもよい。このフォトレジストはドライエッチング処理の終了時に除去される。

#### 【0029】

10

また、加工対象物（半導体基板）1がドライエッチング処理時よりも減圧の雰囲気下に置かれる減圧処理が施される。減圧処理では、真空ポンプ206が稼働することによりチャンバー201内が真空にされる。つまり、減圧処理では、チャンバー201内が真空引きされる。ドライエッチング処理による反応済み滞在反応副成物が真空ポンプ206を介して配管を通じて排出される。

#### 【0030】

さらに、図14～図19を参照して、溝9の形成について詳しく説明する。図14～図19は、図10および図13における一点鎖線で囲まれた領域Aに対応している。

#### 【0031】

図14に示されるように、加工対象物（半導体基板）1に改質領域7が形成された後に、図4に示される切断予定ライン5に沿って加工対象物（半導体基板）1に溝9が形成される。図15に示されるように、加工対象物（半導体基板）1に対し、加工対象物（半導体基板）1の表面3から裏面4に向かって第1のドライエッチング処理が施される。第1のドライエッチング処理によって、加工対象物（半導体基板）1の表面3がエッチングされる。さらに、加工対象物（半導体基板）1の表面3から裏面4に向かって改質領域7の途中まで溝9が形成される。

20

#### 【0032】

図16に示されるように、第1のドライエッチング処理の後に、第1の減圧処理が施される。第1の減圧処理では、加工対象物（半導体基板）1が第1のドライエッチング処理時よりも減圧の雰囲気下に置かれる。これにより、図11に示されるチャンバー201内から第1のドライエッチング処理時の反応済み滞在反応副生成物が除去される。このため、第1のドライエッチング処理により形成された溝9内に残留した反応済み滞在反応副生成物が溝9内から除去される。

30

#### 【0033】

図17に示されるように、第1の減圧処理の後に、加工対象物（半導体基板）1の表面3から裏面4に向かって第2のドライエッチング処理が施される。第2のドライエッチング処理によって、加工対象物（半導体基板）1の表面3がエッチングされる。さらに、加工対象物（半導体基板）1の表面3から裏面4に向かって改質領域7の最後まで溝9が形成される。なお、第2のドライエッチング処理では、第1のドライエッチング処理よりもエッチング処理の時間を長くしてもよい。また、第2のドライエッチング処理では、第1のドライエッチング処理よりもエッチング処理の圧力を高くしてもよい。これらにより、第1のドライエッチング処理により形成された溝にエッチングガスを十分に入れることができる。

40

#### 【0034】

図18に示されるように、第2のドライエッチング処理の後に、第2の減圧処理が施される。第2の減圧処理では、加工対象物1が第2のドライエッチング処理時よりも減圧の雰囲気下に置かれる。これにより、第2のドライエッチング処理時の反応済み滞在反応副成物が除去される。

#### 【0035】

図19に示されるように、第2の減圧処理の後に、加工対象物（半導体基板）1の表面

50

3 から裏面 4 に向かって第 3 のドライエッチング処理が施される。第 3 のドライエッチング処理によって、加工対象物（半導体基板）1 の表面 3 がエッチングされる。さらに、溝 9 が加工対象物 1 の表面 3 から裏面 4 に至るように形成される。このようにして、改質領域 7 に沿って加工対象物（半導体基板）1 は切断される。なお、第 2 のドライエッチング処理により加工対象物（半導体基板）1 の表面 3 から裏面 4 に至るように溝 9 が形成されてもよい。また、図 1 2 および図 1 3 では、切断された加工対象物（半導体基板）1 からなる各チップ間距離が略ゼロとなる状態が示されている。

【0036】

次に、図 2 0 および図 2 1 を参照して、切断された加工対象物（半導体基板）1 は各チップに分割される。つまり、各チップ間距離が広げられる。図 2 0 および図 2 1 では、各チップ間距離が一定以上に保たれた状態が示されている。なお、各チップ間距離は次の工程に適した距離であればよい。

10

【0037】

また、上記においては、第 1 ～第 3 のドライエッチング処理にわたって 3 回のドライエッチング処理が施され、第 1 ～第 2 の減圧処理にわたって 2 回の減圧処理が施された場合について説明したが、本発明の実施の形態に係る切断加工方法においては、これらの回数に限定されない。ドライエッチング処理の回数は複数（2 回以上）であればよく、減圧処理の回数は単数（1 回）および複数（2 回以上）のいずれかであればよい。

【0038】

図 2 2 を参照して、4 回以上のドライエッチング処理が施され、3 回以上の減圧処理が施される場合として、 $n$  回のドライエッチング処理が施され、 $n - 1$  回の減圧処理が施される場合について説明する。ここでの  $n$  は 4 以上の整数を意味している。

20

【0039】

まず、改質領域を形成する工程が行われる（ステップ S 1）。改質領域が形成された後に溝を形成する工程が行われる（ステップ S 2）。溝を形成する工程においては、第 1 のドライエッチング処理（ステップ S 2 1）、第 1 の減圧処理（ステップ S 2 2）、第 2 のドライエッチング処理（ステップ S 2 3）、第 2 の減圧処理（S 2 4）、第 3 のドライエッチング処理（ステップ S 2 5）が順次施される。その後、第  $n - 2$  の減圧処理（ステップ S 2 6）、第  $n - 1$  のドライエッチング処理（ステップ S 2 7）、第  $n - 1$  の減圧処理（ステップ S 2 8）、第  $n$  のドライエッチング処理（ステップ S 2 9）が順次施される。各減圧処理においては各減圧処理の直前のドライエッチング処理よりも減圧の雰囲気下に加工対象物が置かれる。加工対象物の表面から裏面に至るまで溝が形成されると、加工対象物は切断される（ステップ S 3 0）。

30

【0040】

次に、本発明の実施の形態に係る切断加工方法におけるドライエッチング処理に用いられるエッチングガスについて詳細に説明する。

【0041】

第 1 のドライエッチング処理および第 2 のドライエッチング処理のそれぞれにハロゲン系エッチングガスが用いられてもよい。また、第 1 ～第  $n$  のドライエッチング処理のそれぞれにハロゲン系エッチングガスが用いられてもよい。ハロゲン系エッチングガスは、それぞれ三フッ化塩素（ $\text{ClF}_3$ ）、三フッ化窒素（ $\text{NF}_3$ ）、六フッ化硫黄（ $\text{SF}_6$ ）、フッ素（ $\text{F}_2$ ）、塩素（ $\text{Cl}_2$ ）、臭化水素（ $\text{HBr}$ ）、四フッ化炭素（ $\text{CF}_4$ ）、ハフツ化シクロブタン（ $\text{C}_4\text{F}_8$ ）、三フッ化メタン（ $\text{CHF}_3$ ）、三塩化ホウ素（ $\text{BCl}_3$ ）の少なくともいずれかを含んでいてもよい。つまり、ハロゲン系エッチングガスは、これらの材料を用いた単独ガスおよび混合ガスのいずれでもよい。ハロゲン系エッチングガスは、例えば、ハフツ化シクロブタン（ $\text{C}_4\text{F}_8$ ）、酸素（ $\text{O}_2$ ）の混合ガスであってもよい。

40

【0042】

次に、本発明の実施の形態に係る切断加工方法の作用効果について説明する。

本発明の実施の形態に係る切断加工方法によれば、加工対象物（半導体基板）1 に改質

50



領域 7 が形成された後に、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物（半導体基板）1 に溝 9 が形成される。溝 9 を形成する工程では、非改質領域のエッチングレートよりも改質領域 7 のエッチングレートのほうが高いことを利用して、第 1 のドライエッチング処理が施されることにより、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物（半導体基板）1 に溝 9 が形成される。第 1 のドライエッチング処理の後に、第 1 の減圧処理が施されることにより、反応済み滞在反応副生成物が排出される。第 1 の減圧処理の後に、第 2 のドライエッチング処理が施されることにより、第 1 のドライエッチング処理で形成された溝 9 にエッチングガスが入り込みやすくなる。これにより、第 2 のドライエッチング処理のエッチング速度を向上させることができる。

【 0 0 4 3 】

10

すなわち、改質領域 7 が形成された後に一般的なドライエッチング処理が施された場合には、チャンバー内の圧力が一定に維持されるため、反応済み滞在反応副生成物によりエッチング速度が低下する。これに対して、本発明の実施の形態に係る切断加工方法においては、第 1 のドライエッチング処理が施されることにより生成された反応済み滞在反応副生成物が第 1 の減圧処理が施されることにより溝 9 およびチャンパー 201 内から排出された後に第 2 のドライエッチング処理が施されるため第 1 のドライエッチング処理で形成された溝 9 にエッチングガスが入り込みやすくなるため、一般的なドライエッチング処理が施された場合よりもエッチング速度を向上させることができる。

【 0 0 4 4 】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法によれば、溝 9 を形成する工程では、溝 9 が加工対象物 1 の表面から裏面に至るように形成されることにより、切断予定ライン 5 に沿って加工対象物 1 が切断されてもよい。エッチング速度を向上させることができるため、加工対象物 1 を速やかに切断することができる。

20

【 0 0 4 5 】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法によれば、溝 9 を形成する工程では、第 2 のドライエッチング処理の後に、第 2 の減圧処理が施されることにより、反応済み滞在反応副生成物が排出される。第 2 の減圧処理の後に、第 3 のドライエッチング処理が施されることにより、第 2 のドライエッチング処理で形成された溝 9 にエッチングガスが入り込みやすくなる。また、ドライエッチング処理、減圧処理、ドライエッチング処理のサイクルを複数回にわたって実施することにより溝 9 を形成することができる。したがって、エッチング速度をさらに向上させることができる。

30

【 0 0 4 6 】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法によれば、第 1 のドライエッチング処理および第 2 のドライエッチング処理のそれぞれにハロゲン系エッチングガスを用いることができる。

【 0 0 4 7 】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法によれば、ハロゲン系エッチングガスとして、それぞれ三フッ化塩素（ $\text{ClF}_3$ ）、三フッ化窒素（ $\text{NF}_3$ ）、六フッ化硫黄（ $\text{SF}_6$ ）、フッ素（ $\text{F}_2$ ）、塩素（ $\text{Cl}_2$ ）、臭化水素（ $\text{HBr}$ ）、四フッ化炭素（ $\text{CF}_4$ ）、八フッ化シクロブタン（ $\text{C}_4\text{F}_8$ ）、三フッ化メタン（ $\text{CHF}_3$ ）、三塩化ホウ素（ $\text{BCl}_3$ ）の少なくともいずれかを用いることができる。

40

【 0 0 4 8 】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法によれば、加工対象物 1 に改質領域 7 を形成する工程では、表面側の改質領域 7 の形成状態と、裏面側の改質領域 7 の形成状態とが略同一となるように改質領域 7 が形成されてもよい。これにより、加工対象物 1 の表面側および裏面側から改質領域 7 を均等にエッチングすることができる。

【 0 0 4 9 】

次に、本発明の実施の形態に係る切断加工方法における各種変形例について説明する。まず、本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第 1 の変形例について説明する。第 1 の変形例として、図 23 および図 24 を参照して、加工対象物（半導体基板）1 の切

50

断予定ライン上にTEG (Test Element Group) 10が形成される場合がある。この場合には、TEG 10の材料として、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかが用いられることがある。つまり、この場合には、加工対象物(半導体基板)1は、基板本体、機能素子(図示せず)およびTEG 10を含んでいる。

#### 【0050】

したがって、加工対象物1の材料は、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかを含んでいる場合がある。この場合、溝9を形成する工程では、ハロゲン系エッチングガスとしてプラズマレスの三フッ化塩素(ClF<sub>3</sub>)ガスが用いられ、10Pa以上90kPa(abs)以下の圧力および材料の各フッ化物の沸点以上200未満の温度で、第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。再び図11を参照して、この圧力はチャンバー201内の圧力である。この温度は加工対象物1の温度である。

#### 【0051】

圧力が10Pa未満の場合にはエッチングの反応速度が遅くなることによりエッチング速度が遅くなるため、圧力は10Pa以上とされる。また、真空ポンプ206を用いて圧力を10Pa未満にするには時間がかかるため、圧力は10Pa以上とされる。また、圧力が10Pa未満とされても溝9から排出される反応済み滞在反応副生成物の量は圧力が10Paとされた場合と略変化しないため、圧力は10Pa以上とされる。また、ターボ分子ポンプではなくメカニカルブースターポンプを用いて圧力を10Paにすることができるため、圧力は10Pa以上とされる。また、真空装置では圧力を90kPaよりも上げることは困難であるため、圧力は90kPa以下とされる。プラズマレスの三フッ化塩素(ClF<sub>3</sub>)ガスでは、10Pa以上90kPa(abs)以下の圧力の範囲にわたってエッチングすることができる。このため、圧力の範囲は10Pa以上90kPa(abs)以下とされる。三フッ化塩素(ClF<sub>3</sub>)ガスは、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)をエッチングすることができる。このため、加工対象物1の材料として珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)が用いられる。加工対象物1の材料の各フッ化物の沸点以上にする事で、各材料におけるエッチング速度が確保することができるため、温度が材料の各フッ化物の沸点以上とされる。加工対象物1に形成されたデバイスをダイシングする際の最高温度は200であるため、温度は200未満とされる。

#### 【0052】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第1の変形例では、加工対象物1の材料は、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかを含んでいてもよい。この場合、溝9を形成する工程では、ハロゲン系エッチングガスとしてプラズマレスの三フッ化塩素(ClF<sub>3</sub>)ガスが用いられ、10Pa以上90kPa(abs)以下の圧力および材料の各フッ化物の沸点以上200未満の温度で、第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。これにより、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかを含む加工対象物1をエッチングすることができる。

#### 【0053】

続いて、本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第2の変形例について説明する。第2の変形例として、加工対象物の切断予定ライン上に絶縁膜が形成される場合がある。この場合、絶縁膜の材料として、二酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)、窒酸化珪素(SiON)および窒化珪素(SiNx)の少なくともいずれかが用いられることがある。なお、SiNxは、SiN化合物を構成している原子数の比(組成)が化学式どおりに存在しているSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を中心にして組成比(x)に幅を有している。xの値は、例えば1.0以上1

10

20

30

40

50

、5以下であってもよい。この場合には、加工対象物（半導体基板）は、基板本体、機能素子および絶縁膜を含んでいる。

【0054】

したがって、加工対象物の材料は、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）の少なくともいずれかを含んでいる場合がある。この場合、溝を形成する工程では、ハロゲン系エッチングガスに無水フッ化水素（ $\text{HF}$ ）が添加された状態で第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。ハロゲン系エッチングガスに無水フッ化水素（ $\text{HF}$ ）が添加されたエッチングガスは、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）をエッチングすることができる。このため、エッチングガスはハロゲン系エッチングガスに無水フッ化水素（ $\text{HF}$ ）が添加された状態とされる。

10

【0055】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第2の変形例では、加工対象物の材料は、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）の少なくともいずれかを含んでいてもよい。この場合、溝を形成する工程では、ハロゲン系エッチングガスに無水フッ化水素（ $\text{HF}$ ）が添加された状態で第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。これにより、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）の少なくともいずれかを含む加工対象物1をエッチングすることができる。

【0056】

20

なお、上記の本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第1の変形例および第2の変形例でのプラズマレスでの複数のドライエッチング処理においては、各ドライエッチング処理の直前の減圧処理に比べて、ガス分子の体積密度が10倍以上10000倍以下の範囲で変化されてもよい。

【0057】

続いて、本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第3の変形例について説明する。第3の変形例として、加工対象物の切断予定ライン上にTEGおよび絶縁膜が形成される場合がある。この場合、TEGの材料として、タングステン（ $\text{W}$ ）、チタン（ $\text{Ti}$ ）、窒化チタン（ $\text{TiN}$ ）およびモリブデン（ $\text{Mo}$ ）の少なくともいずれかが用いられ、絶縁膜の材料として、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）の少なくともいずれかが用いられることがある。

30

【0058】

したがって、加工対象物の材料は、珪素（ $\text{Si}$ ）、タングステン（ $\text{W}$ ）、チタン（ $\text{Ti}$ ）、窒化チタン（ $\text{TiN}$ ）およびモリブデン（ $\text{Mo}$ ）、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）の少なくともいずれかを含んでいる場合がある。この場合、溝を形成する工程では、エッチングガスとしてプラズマの四フッ化炭素（ $\text{CF}_4$ ）、六フッ化硫黄（ $\text{SF}_6$ ）、三フッ化メタン（ $\text{CHF}_3$ ）、フッ化水素（ $\text{HF}$ ）、酸素（ $\text{O}_2$ ）の少なくともいずれかが用いられ、10Pa以上0.8kPa（abs）以下の圧力および200未満の温度で、第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。この圧力はチャンバー内の圧力である。この温度は加工対象物の温度である。

40

【0059】

プラズマの四フッ化炭素（ $\text{CF}_4$ ）、六フッ化硫黄（ $\text{SF}_6$ ）、三フッ化メタン（ $\text{CHF}_3$ ）、フッ化水素（ $\text{HF}$ ）、酸素（ $\text{O}_2$ ）は、珪素（ $\text{Si}$ ）、タングステン（ $\text{W}$ ）、チタン（ $\text{Ti}$ ）、窒化チタン（ $\text{TiN}$ ）およびモリブデン（ $\text{Mo}$ ）、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）をエッチングすることができる。このため、加工対象物の材料として珪素（ $\text{Si}$ ）、タングステン（ $\text{W}$ ）、チタン（ $\text{Ti}$ ）、窒化チタン（ $\text{TiN}$ ）およびモリブデン（ $\text{Mo}$ ）、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、窒酸化珪素（ $\text{SiON}$ ）および窒化珪素（ $\text{SiNx}$ ）が用いられる。リモートプラズマの最高出力における圧力が0.8kPaであるため、圧力は0.8kPa（abs）以下とされる

50

。

## 【0060】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第3の変形例では、加工対象物の材料は、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)、二酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)、窒酸化珪素(SiON)および窒化珪素(SiNx)の少なくともいずれかを含んでいてもよい。この場合、溝を形成する工程は、エッチングガスとしてプラズマの四フッ化炭素(CF<sub>4</sub>)、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)、三フッ化メタン(CHF<sub>3</sub>)、フッ化水素(HF)、酸素(O<sub>2</sub>)の少なくともいずれかが用いられ、10Pa以上0.8kPa(abs)以下の圧力および200未満の温度で、第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。

これにより、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)、二酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)、窒酸化珪素(SiON)および窒化珪素(SiNx)の少なくともいずれかを含む加工対象物をエッチングすることができる。

10

## 【0061】

続いて、本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第4の変形例について説明する。第4の変形例として、加工対象物の切断予定ライン上にアルミニウム膜およびTEGが形成される場合がある。この場合、アルミニウム膜の材料として、アルミニウム(Al)が用いられ、TEGの材料として、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかが用いられることがある。

20

## 【0062】

したがって、加工対象物の材料は、アルミニウム(Al)、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかを含んでいる場合がある。この場合、溝を形成する工程は、エッチングガスとしてプラズマの塩素(Cl<sub>2</sub>)、臭化水素(HBr)、塩化水素(HCl)、三塩化ホウ素(BCl<sub>3</sub>)の少なくともいずれかが用いられ、10Pa以上0.8kPa(abs)以下の圧力および200未満の温度で、第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。この圧力はチャンバー内の圧力である。この温度は加工対象物の温度である。

## 【0063】

プラズマの塩素(Cl<sub>2</sub>)、臭化水素(HBr)、塩化水素(HCl)、三塩化ホウ素(BCl<sub>3</sub>)は、アルミニウム(Al)、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)をエッチングすることができる。このため、加工対象物の材料としてアルミニウム(Al)、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)が用いられる。

30

## 【0064】

本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第4の変形例では、加工対象物の材料は、アルミニウム(Al)、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかを含んでいる。溝を形成する工程は、エッチングガスとしてプラズマの塩素(Cl<sub>2</sub>)、臭化水素(HBr)、塩化水素(HCl)、三塩化ホウ素(BCl<sub>3</sub>)の少なくともいずれかが用いられ、10Pa以上0.8kPa(abs)以下の圧力および200未満の温度で、第1のドライエッチング処理および第2のドライエッチング処理が施されてもよい。これにより、アルミニウム(Al)、珪素(Si)、タングステン(W)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)およびモリブデン(Mo)の少なくともいずれかを含む加工対象物をエッチングすることができる。

40

## 【0065】

なお、上記の本発明の実施の形態に係る切断加工方法における第3の変形例および第4の変形例でのプラズマ放電での複数のドライエッチング処理においては、各ドライエッチ

50

ング処理の直前の減圧処理に比べて、圧力の変動が１０％以上１００％以下の範囲に変化されてもよい。

【００６６】

また、ガス放電空間と基板設置空間を放電用圧力制御バルブで区切ったダウンストリームプラズマ処理の場合には、ガス放電空間の圧力が一定に維持されたまま、基板設置空間の圧力が放電圧力の１／１０以上１／１００００以下の範囲に変化されてもよい。

【００６７】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

10

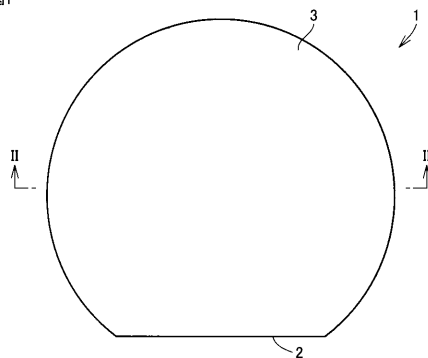
【符号の説明】

【００６８】

１ 加工対象物、３ 表面、４ 裏面、５ 切断予定ライン、７ 改質領域、９ 溝、１００ レーザ加工装置、２００ エッチング処理装置、２０１ チャンバー、２０２ ステージ、２０３ 圧力計、２０４ 温度計、２０５、２０７、２０８、２１１ 弁、２０６ 真空ポンプ、２０９、２１２ 流量コントローラー、２１０ 第１のガス供給装置、２１３ 第２のガス供給装置。

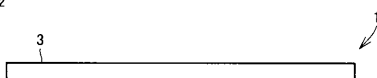
【図１】

図1



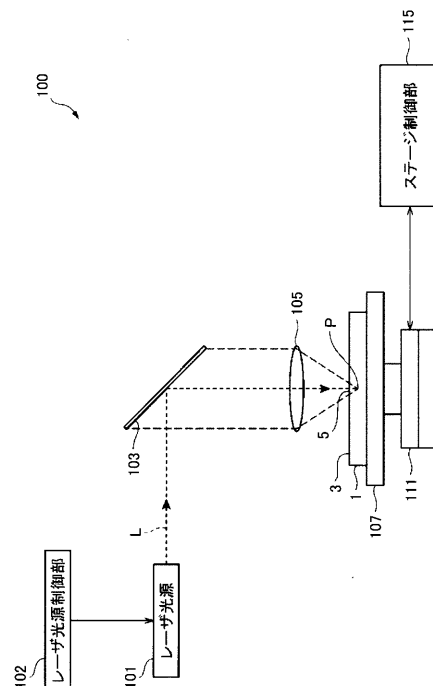
【図２】

図2



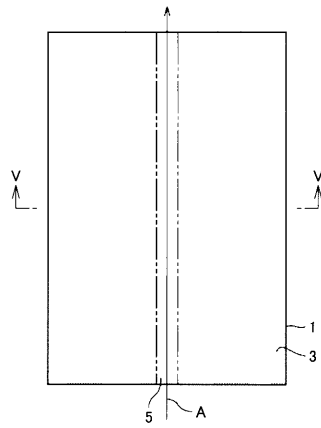
【図３】

図3



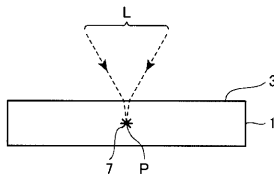
【図 4】

図4



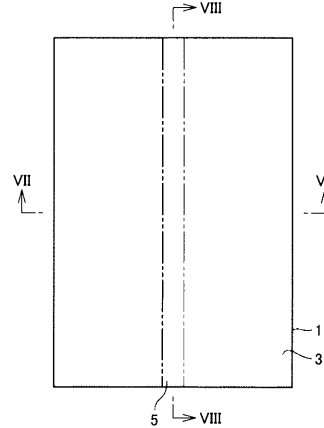
【図 5】

図5



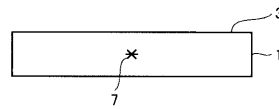
【図 6】

図6



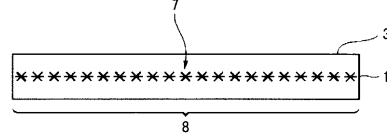
【図 7】

図7



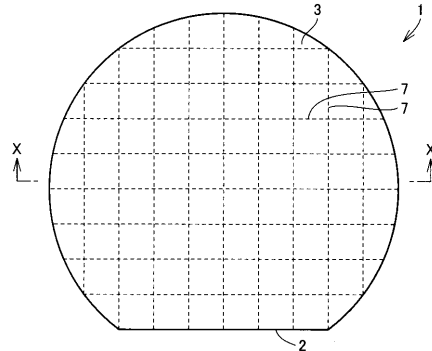
【図 8】

図8



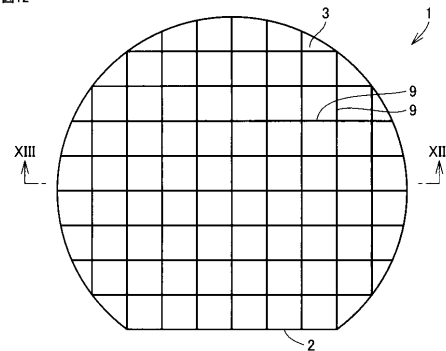
【図 9】

図9



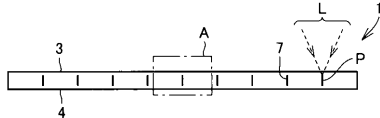
【図 12】

図12



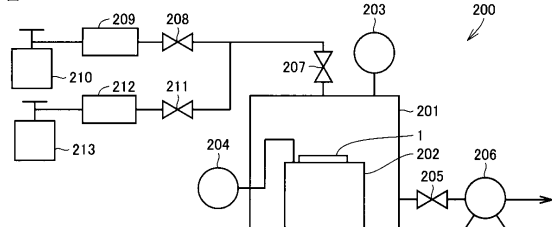
【図 10】

図10



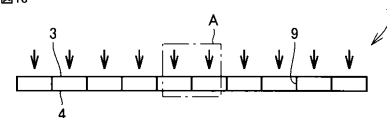
【図 11】

図11



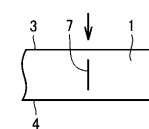
【図 13】

図13



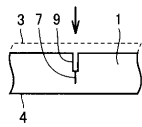
【図 14】

図14



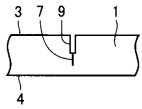
## 【図 15】

図15



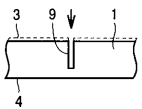
## 【図 16】

図16



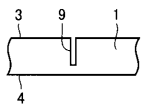
## 【図 17】

図17



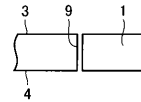
## 【図 18】

図18



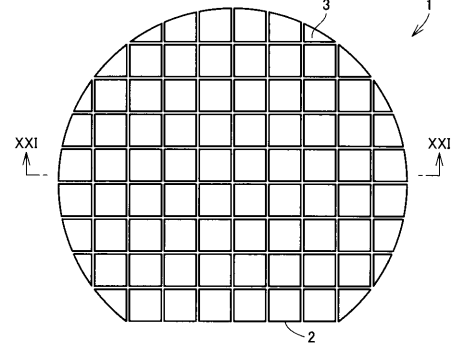
## 【図 19】

図19



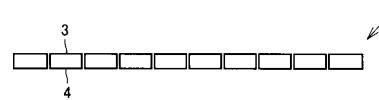
## 【図 20】

図20



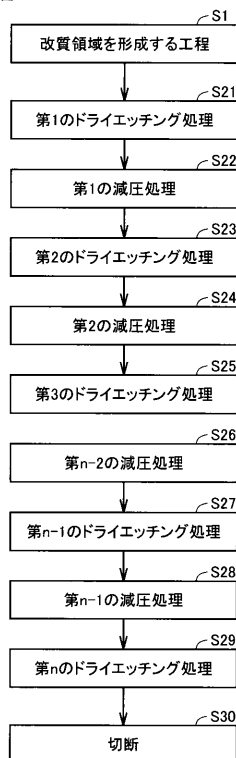
## 【図 21】

図21



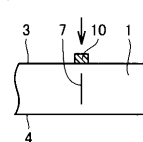
## 【図 22】

図22



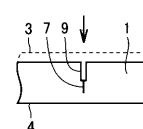
## 【図 23】

図23



## 【図 24】

図24



---

フロントページの続き

- (72)発明者 泉 浩一  
兵庫県尼崎市次屋3丁目3番16号 岩谷産業株式会社中央研究所内
- (72)発明者 荘所 正  
兵庫県尼崎市次屋3丁目3番16号 岩谷産業株式会社中央研究所内
- (72)発明者 荻原 孝文  
静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 坂本 剛志  
静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 鈴木 孝章

- (56)参考文献 特開2003-273082(JP,A)  
特開2006-40914(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |         |
|------|---------|
| H01L | 21/301  |
| B23K | 26/53   |
| H01L | 21/3065 |