

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2012年2月2日(02.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2012/014711 A1

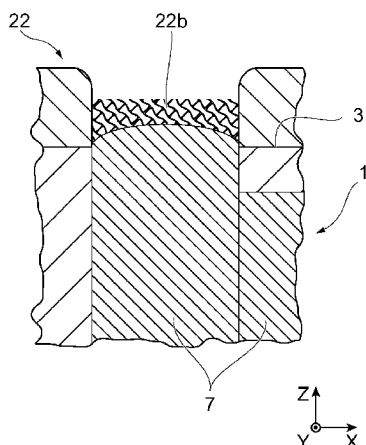
- (51) 国際特許分類:  
H01L 21/306 (2006.01) B23K 26/38 (2006.01)  
B23K 26/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/066322
- (22) 国際出願日: 2011年7月19日(19.07.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2010-167426 2010年7月26日(26.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社(HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 下井 英樹 (SHIMOI Hideki) [JP/JP]; 〒4358558 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 Shizuoka (JP). 荒木 佳祐 (ARAKI Keisuke) [JP/JP]; 〒4358558 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 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: LASER PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: レーザ加工方法

[図10]



(57) Abstract: Disclosed is a laser processing method in which laser light (L) is focused inside a target object (1) formed from silicon, thereby forming a modified region (7), and etching is performed along the modified region (7), thereby forming a through-hole (24) in the target object (1). Said method includes: a laser-light focusing step in which laser light (L) is focused on the target object (1), thereby forming a modified region (7) along the part of the target object (1) that corresponds to the aforementioned through-hole (24); an etch-resistant-film generation step, after the laser-light focusing step, in which an etch-resistant film (22) which is resistant to etching is generated on an outer surface of the target object (1); and an etching treatment step, after the etch-resistant-film generation step, in which the target object (1) is etched, said etching being made to selectively progress along the modified region (7) to form the through-hole (24). In the laser-light focusing step, the modified region (7) is exposed to the outside surface of the target object (1).

(57) 要約: シリコンにより形成された加工対象物(1)の内部にレーザ光(L)を集光させて改質領域(7)を形成し、該改質領域(7)に沿ってエッチングすることにより、加工対象物(1)に貫通孔(24)を形成する

レーザ加工方法であって、加工対象物(1)にレーザ光(L)を集光させることにより、加工対象物(1)における貫通孔(24)に対応する部分に沿って改質領域(7)を形成するレーザ光集光工程と、レーザ光集光工程の後、エッチングに耐性を有する耐エッチング膜(22)を加工対象物(1)の外表面に生成する耐エッチング膜生成工程と、耐エッチング膜生成工程の後、加工対象物(1)にエッチング処理を施すことにより、改質領域(7)に沿ってエッチングを選択的に進展させて貫通孔(24)を形成するエッチング処理工程と、を含み、レーザ光集光工程では、加工対象物(1)の外表面に改質領域(7)を露出させるレーザ加工方法。

WO 2012/014711 A1

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**： レーザ加工方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、レーザ加工方法に関し、特に、加工対象物に貫通孔を形成するレーザ加工方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来のレーザ加工方法としては、板状の加工対象物にレーザ光を集光させて加工対象物の内部に改質領域を形成した後、この加工対象物にエッチング処理を施して改質領域を除去することにより、厚さ方向に沿った貫通孔を加工対象物に形成するものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-351494号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、上記のレーザ加工方法では、エッチング処理の前に、エッチングに耐性を有する耐エッチング膜を加工対象物の外表面にパターニングする場合がある。すなわち、加工対象物の外表面全域を覆うよう耐エッチング膜を生成する。その後、耐エッチング膜に露光等を施し、エッチング剤を改質領域へ侵入させる開口を耐エッチング膜の変質層に対応する領域に形成する場合がある。これにより、例えば形成された貫通孔の開口側がエッチングされ過ぎて拡がるということ等を抑制し、貫通孔を精度よく形成することが図られている。しかしこの場合、前述のように、露光等を施してパターニングする工程が別途に必要であることから、加工が複雑化及び煩雑化するおそれがある。

[0005] そこで、本発明は、貫通孔を精度よく形成でき且つ加工容易化が可能なレーザ加工方法を提供することを課題とする。

## 課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一側面は、レーザ加工方法に関する。このレーザ加工方法は、シリコンにより形成された加工対象物の内部にレーザ光を集光させて改質領域を形成し、該改質領域に沿ってエッチングすることにより、加工対象物に貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、加工対象物にレーザ光を集光させることにより、加工対象物における貫通孔に対応する部分に沿って改質領域を形成するレーザ光集光工程と、レーザ光集光工程の後、エッチングに耐性を有する耐エッチング膜を加工対象物の外表面に生成する耐エッチング膜生成工程と、耐エッチング膜生成工程の後、加工対象物にエッチング処理を施すことにより、改質領域に沿ってエッチングを選択的に進展させて貫通孔を形成するエッチング処理工程と、を含み、レーザ光集光工程では、加工対象物の外表面に改質領域を露出させる。

[0007] このレーザ加工方法では、耐エッチング膜を生成する際、加工対象物の外表面において露出した改質領域上では耐エッチング膜の成長が阻害される。そのため、かかる改質領域上においては、例えば耐エッチング膜が実質的に生成されない、又は生成された耐エッチング膜の緻密度が周囲と比べて粗となり、耐エッチング膜に欠陥が生じる。よって、その後のエッチング処理工程では、耐エッチング膜の欠陥から改質領域へとエッチング剤が侵入され、改質領域に沿ってエッチングが選択的に進展されることとなる。従って、このレーザ加工方法では、加工対象物の外表面に耐エッチング膜を生成する場合、露光等を施してパターニングする工程が不要となり、その結果、貫通孔を精度よく形成でき且つ加工容易化が可能となる。

[0008] また、加工対象物は、(100)面となる主面を有する板状を呈し、貫通孔は、加工対象物の厚さ方向に対し傾斜し、エッチング処理工程では、エッチング処理として異方性エッチングを施すことができる。この場合、厚さ方向に傾斜する貫通孔を加工対象物に好適に形成することができる。

[0009] また、耐エッチング膜生成工程の後でエッチング処理工程の前に、耐エッチング膜にエッチング処理を施すことにより、露出した改質領域上に生成さ

れた耐エッチング膜を除去する工程をさらに含むことができる。この場合、耐エッチング膜の欠陥が除去されることになり、エッチング処理工程においてエッチング剤を改質領域へ確実に侵入させることができる。

[0010] また、加工対象物に複数の貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、エッチング処理工程の後、加工対象物の貫通孔の内面に絶縁膜を生成する絶縁膜生成工程をさらに含むことができる。これにより、例えば複数の貫通孔それぞれに導体を埋め込んで複数の貫通電極を形成する場合、隣接する貫通電極間での絶縁性を確保することが可能となる。

### 発明の効果

[0011] 本発明のレーザ加工方法によれば、貫通孔を精度よく形成でき且つ加工容易化が可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0012] [図1]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2]改質領域の形成の対象となる加工対象物の平面図である。

[図3]図2の加工対象物のIII-III線に沿っての断面図である。

[図4]レーザ加工後の加工対象物の平面図である。

[図5]図4の加工対象物のV-V線に沿っての断面図である。

[図6]図4の加工対象物のVI-VI線に沿っての断面図である。

[図7]エッチング剤の一例を示す図表である。

[図8] (a) は本実施形態のレーザ加工方法を説明するフロー図であり、(b) は図8 (a) の後段を示すフロー図である。

[図9] (a) は図8 (b) の後段を示すフロー図であり、(b) は図9 (a) の後段を示すフロー図である。

[図10]図9 (b) の加工対象物の一部を拡大して示す図である。

[図11] (a) は図9 (b) の後段を示すフロー図であり、(b) は図11 (a) の後段を示すフロー図である。

[図12] (a) は図11 (b) の後段を示すフロー図であり、(b) は図12 (a) の後段を示すフロー図である。

## 発明を実施するための形態

- [0013] 以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明において同一又は相当要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。
- [0014] 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レーザ光を集光させて改質領域を形成する。そこで、まず、改質領域の形成について、図1～図6を参照して以下に説明する。
- [0015] 図1に示すように、レーザ加工装置100は、レーザ光Lをパルス発振するレーザ光源101と、レーザ光Lの光軸（光路）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、レーザ光Lを集光するための集光用レンズ105と、を備えている。また、レーザ加工装置100は、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を支持するための支持台107と、支持台107を移動させるためのステージ111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、ステージ111の移動を制御するステージ制御部115と、を備えている。
- [0016] このレーザ加工装置100においては、レーザ光源101から出射されたレーザ光Lは、ダイクロイックミラー103によってその光軸の向きを90°変えられ、支持台107上に載置された板状の加工対象物1の内部に集光用レンズ105によって集光される。これと共に、ステージ111が移動させられ、加工対象物1がレーザ光Lに対して改質領域形成予定部5に沿って相対移動させられる。これにより、改質領域形成予定部5に沿った改質領域が加工対象物1に形成されることとなる。
- [0017] 加工対象物1としては、半導体材料や圧電材料等が用いられ、図2に示すように、加工対象物1には、改質領域形成予定部5が設定されている。ここでの改質領域形成予定部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3に示すように、加工対象物1の内部に集光点Pを合わせた状態で、レーザ光Lを改質領域形成予定部5に沿って

(すなわち、図2の矢印A方向に) 相対的に移動させる。これにより、図4～図6に示すように、改質領域7が改質領域形成予定部5に沿って加工対象物1の内部に形成され、この改質領域7が、後述のエッチングによる除去領域8となる。

[0018] 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、改質領域形成予定部5は、直線状に限らず曲線状であってもよいし、曲面状や平面状の3次元状であってもよいし、座標指定されたものであってもよい。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は列状でも点状でもよく、要は、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)に露出していてもよい。

[0019] ちなみに、ここでは、レーザ光Lが、加工対象物1を透過すると共に加工対象物1の内部の集光点近傍にて特に吸収され、これにより、加工対象物1に改質領域7が形成される(すなわち、内部吸収型レーザ加工)。一般的に、表面3から熔融され除去されて穴や溝等の除去部が形成される(表面吸収型レーザ加工)場合、加工領域は表面3側から徐々に裏面側に進行する。

[0020] ところで、本実施形態に係る改質領域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。改質領域7としては、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。さらに、改質領域7としては、加工対象物1の材料において密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域や、格子欠陥が形成された領域がある(これらをまとめて高密転移領域ともいう)。

[0021] また、熔融処理領域や屈折率変化領域、改質領域7の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域、格子欠陥が形成された領域は、更にそれら領域の内部や改質領域7と非改質領域との界面に亀裂(割れ、マイクロクラック)を内包している場合がある。内包される亀裂は改質領域7の全面に渡る

場合や一部分のみや複数部分に形成される場合がある。加工対象物 1 としては、シリコンを含む、又はシリコンからなるものが挙げられる。

[0022] ここで、本実施形態では、加工対象物 1 に改質領域 7 を形成した後、この加工対象物 1 にエッチング処理を施すことにより、改質領域 7 に含まれる又は改質領域 7 から延びる亀裂（クラック、微小クラック、割れ等とも称される。以下、単に「亀裂」という）に沿ってエッチングを選択的に進展させ、加工対象物 1 において改質領域 7 に沿った部分を除去する。

[0023] 例えば、本実施形態のエッチング処理では、毛細管現象等を利用して、加工対象物 1 の改質領域 7 に含まれる又は該改質領域 7 から延びる亀裂にエッチング剤を浸潤させ、亀裂面に沿ってエッチングを進展させる。これにより、加工対象物 1 では、亀裂に沿って選択的且つ高いエッチングレートでエッチングを進展させ除去する。これと共に、改質領域 7 自体のエッチングレートが高いという特徴を利用して、改質領域 7 に沿って選択的にエッチングを進展させ除去する。

[0024] 本実施形態のエッチング処理としては、例えばエッチング剤に加工対象物を浸漬する場合（ディッピング方式：Dipping）と、加工対象物を回転させつつエッチング剤を塗布する場合（スピンエッチング方式：SpinEtching）とがある。また、ここでのエッチングには、等方性エッチング及び異方性エッチングを含んでいる。

[0025] 図 7 は、用いられるエッチング剤の一例を示す図表である。エッチング剤は、常温～100℃前後の温度で用いられ、必要とされるエッチングレート等に応じて適宜の温度に設定される。例えば、Si（異方性）を KOH でエッチング処理する場合には、好ましいとして、約 60℃ とされる。また、エッチング剤は、液体状のものだけでなく、ゲル状（ゼリー状、半固形状）のものを用いることができる。

[0026] なお、等方性エッチングの場合には、比較的薄い加工対象物（例えば、厚さ 10 μm～100 μm）に適用でき、結晶方位や改質領域に依存せずに、等方向にエッチングを進行させることができる。また、この場合、表面に亀



裂が露出していると、エッチング液が当該亀裂を伝わって内部に浸潤され、改質領域において厚さ方向の全面が改質領域の起点とされることから、切断面が半円形に窪むようにエッチングされたチップを取り出すことが可能となる。他方、異方性エッチングの場合には、比較的薄い加工対象物だけでなく厚いもの（例えば、厚さ $800\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ ）にも適用できる。また、この場合、改質領域を形成する面が面方位と異なるときにも、この改質領域に沿ってエッチングを進行させることができる。つまり、ここでの異方性エッチングでは、結晶方位に倣った面方位のエッチングに加えて、結晶方位に依存しないエッチングも可能である。

[0027] 次に、本発明の一実施形態に係るレーザ加工方法について詳細に説明する。

図8～12は本実施形態のレーザ加工方法を示す各フロー図である。

[0028] 図8～12に示すように、本実施形態は、例えば半導体デバイスとプリント配線基板やフレキシブル基板とを互いに電氣的に接続する部品（インターポーザ等）を製造する加工方法であり、加工対象物1に複数の貫通孔24（図11参照）を形成し、貫通孔24に導体を埋め込むことによって複数の貫通電極30（図12参照）を形成する。

[0029] 図8(a)に示すように、加工対象物1は、照射するレーザ光Lの波長（例えば $1064\text{nm}$ ）に対して透明な板状のシリコン基板であり、(100)面となる表面3及び裏面21（主面）を有している。この加工対象物1には、貫通孔24に対応する部分に沿って、改質領域形成予定部5が3次元的な座標指定により設定されている。改質領域形成予定部5は、加工対象物1の厚さ方向に対し傾斜する方向に沿って延びるように設定されている。ここでの改質領域形成予定部5は、加工対象物1の(111)面に倣って延びるように設定されている。

[0030] ちなみに、以下の説明においては、加工対象物1の厚さ方向（レーザ光Lの照射方向）をZ方向とし、厚さ方向に対し改質領域形成予定部5（貫通孔24）が傾斜する方向をX方向とし、X、Z方向に直交する方向をY方向として説明する。

- [0031] 本実施形態において加工対象物1を加工する場合、まず、図8(a)に示すように、加工対象物1の表面3側を上方にして載置台に載置して保持する。そして、加工対象物1の裏面21側近傍のZ方向位置にレーザ光Lの集光点(以下、単に「集光点」という)を合わせ、この集光点をX方向に相対移動させながら、改質領域形成予定部5に改質領域7が形成されるようレーザ光Lを表面3からON・OFF照射する(スキャン)。
- [0032] これにより、加工対象物1の裏面21側近傍における貫通孔24に対応する部分に、裏面21に露出する改質領域7が形成される。換言すると、加工対象物1の裏面21にダメージが生じるように、改質領域7が裏面21側に形成される。なお、ここでは、パルスレーザ光をレーザ光Lとしてスポット照射することから、形成される改質領域7は改質スポットで構成されている。また、改質領域7には、該改質領域7から発生した亀裂が内包されて形成されている(以下の改質領域について同じ)。
- [0033] 続いて、図8(b)に示すように、集光点のZ方向位置を表面3側に変更した後、上述したX方向のスキャンを実施する。これにより、既成の改質領域7よりも表面3側のZ方向位置において貫通孔24に対応する部分に、該既成の改質領域7に繋がる改質領域7が新たに形成される。
- [0034] 続いて、上述したX方向のスキャンを、加工対象物1において裏面21側から表面3側の順で集光点のZ方向位置を変えて繰り返し実施する。これにより、貫通孔24に対応する部分に沿って互いに繋がる改質領域7が、加工対象物1内に形成される。つまり、加工対象物1の(111)面に沿うようZ方向に傾斜する改質領域7が、加工対象物1の内部に形成される。
- [0035] そして、図9(a)に示すように、加工対象物1の表面3側近傍のZ方向位置に集光点を合わせ、上述したX方向のスキャンを実施する。これにより、加工対象物1の表面3側近傍の貫通孔24に対応する部分に、既成の改質領域7に繋がり且つ、表面3に露出する改質領域7が形成される。換言すると、加工対象物1の表面3にダメージが生じるように、既成の改質領域7に連続する改質領域7が表面3側に形成される。

[0036] 次に、図9（b）に示すように、内部温度が例えば1000℃の炉に加工対象物1を入れてウェット酸化法により全面酸化する。これにより、エッチングに耐性を有する耐エッチング膜としての酸化膜22が加工対象物の外表面（少なくとも表面3及び裏面21）に生成される。ここでの酸化膜22は、エッチング剤であるアルカリエッチング液に対し耐性が高い熱酸化膜とされている。

[0037] ここで、図10に示すように、加工対象物1の表面3及び裏面21にて露出した改質領域7の面は、その特性から平滑でなく荒れており、改質領域7に含まれる亀裂（クラック）が多く露出し、けば立った状態となっている。よって、酸化膜22を生成する際（図9（b）参照）、改質領域7上では、酸化膜22の成長が阻害され、酸化膜22の形成にエラーが生じる。そのため、かかる改質領域7上においては、酸化膜22が実質的に生成されない、或いは生成された酸化膜22の緻密度が周囲と比べて粗となり、酸化膜22に欠陥22bが生じることとなる。

[0038] 続いて、図11（a）に示すように、加工対象物1に対し、例えば85℃のKOHをエッチング剤として用いて60分間エッチング処理を施す。具体的には、酸化膜22の欠陥22bから改質領域7へとエッチング剤を浸潤させ、改質領域7及び該改質領域7に内包された亀裂に沿ってエッチングを選択的に進展させる。これにより、加工対象物1の内部が改質領域7に沿って選択的に除去され、（111）面に沿うようZ方向に対し傾斜する貫通孔24が加工対象物1に形成されることとなる。このとき、酸化膜22の欠陥22bについては、エッチングの進展の際に剥離され除去される。

[0039] なお、本実施形態のエッチング処理では、異方性エッチングを行っており、加工対象物1の（111）面はエッチングがされ難く（エッチングレートが遅く）になっている。よって、本実施形態のように改質領域7が（111）面に倣って延びていると、エッチングが好適に改質領域7に沿って進展される。これと共に、貫通孔24の内面が凹凸の少ない平滑面となり、また、貫通孔24の断面形状が矩形（ひし形）形状となる。

[0040] 続いて、図 1 1 (b) に示すように、ウェット酸化法により加工対象物 1 を再酸化する。これにより、電氣的絶縁性を有する絶縁膜としての酸化膜 2 6 が、貫通孔 2 4 の内面に生成される。その後、図 1 2 (a) に示すように、貫通孔 2 4 内に導体 2 8 を埋入し、そして、図 1 2 (b) に示すように、表面 3 側の酸化膜 2 2 の外表面 2 2 a に電極パッド 2 9 を導体 2 8 と電氣的に接続するよう形成すると共に、裏面 2 1 側の酸化膜 2 2 の外表面 2 2 a に電極パッド 2 9 を導体 2 8 と電氣的に接続するよう形成し、貫通電極 3 0 を構成する。

[0041] 以上、本実施形態では、裏面 2 1 に露出させた改質領域 7、加工対象物 1 内の改質領域 7、及び、表面 3 に露出させた改質領域 7 を形成するレーザ加工を行う。このとき、全面酸化させることにより、表面 3 及び裏面 2 1 に酸化膜 2 2 を形成する。その際、露出した改質領域 7 上では、酸化膜 2 2 の成長が阻害され、欠陥 2 2 b が生じる。よって、その後のエッチング処理においては、酸化膜 2 2 の欠陥 2 2 b を基点にエッチング剤が確実に侵入されると共に、改質領域 7 に沿ってエッチングが選択的に進展されることとなる。

[0042] 従って、本実施形態では、加工対象物 1 の表面 3 及び裏面 2 1 に酸化膜 2 2 を生成する上で、露光等を施してパターニングする従来工程が不要となり、その結果、貫通孔 2 4 を精度よく形成でき且つ加工容易化が可能となる。さらに、酸化膜 2 2 によれば、貫通孔 2 4 の開口側が広がったり、改質領域 7 がエッチングされ過ぎて貫通孔 2 4 の断面積が広がったり等するのを抑制することができ、貫通孔 2 4 の形状・寸法を好適に制御することが可能となる。これと共に、酸化膜 2 2 によれば、エッチング処理による加工対象物 1 の厚さ低減を抑制でき、また、表面 3 及び裏面 2 1 の面精度の維持が可能となる。

[0043] なお、本実施形態では、加工対象物 1 を全面酸化させる工程のみによってパターニングされた酸化膜 2 2 を生成できるため、酸化膜 2 2 と加工対象物 1 とのアライメント精度が高いものとなる。

[0044] また、本実施形態では、上述したように、加工対象物 1 が (1 0 0) 面と

なる表面3及び裏面21を有する板状を呈しており、異方性エッチングされることによって貫通孔24の傾斜方向（つまり、(111)面に倣う方向）にエッチングされ易くなっている。従って、本実施形態では、傾斜する貫通孔24を加工対象物1に好適に形成することができる。

[0045] また、本実施形態では、上述したように、貫通孔24の内面に絶縁膜としての酸化膜26を生成している。そのため、隣接する貫通電極30間での絶縁性を十分に確保することが可能となる。

[0046] また、本実施形態では、上述したように、改質領域7の形成後に酸化膜22を生成するため、レーザ光Lが酸化膜22を透過するためにそのエネルギーが低下するというのを抑制できる。加工対象物1の表面3にデバイスが既に形成されている場合、該デバイスによってもレーザ光Lのエネルギーが低下することから、かかる効果は顕著となる。

[0047] ところで、近年、高集積化が進む中、微細な配線ピッチを有するインターポーザの開発が強く要求されている。この点、Z方向に傾斜する貫通電極30を形成できる本実施形態にあっては、次の作用効果を有する。すなわち、微細な配線ピッチとする場合、表面3側の電極パッド29と裏面21側の電極パッド29をダイレクトに配線し、配線幅を十分に確保し、電気抵抗増加を防止することができる。

[0048] なお、本実施形態では、Y方向における集光点位置を変えてX方向のスキャンを繰り返し行い（XY面上のレーザ加工）、これを、Z方向における集光点位置を変えて繰り返し行うことで、複数の貫通孔24に対応する改質領域7を形成することができる。或いは、Z方向における集光点位置を変えてX方向のスキャンを繰り返し行い（XZ面上のレーザ加工）、これを、Y方向における集光点位置を変えて繰り返し行ってもよい。また或いは、集光点をX、Y、Z方向に適宜移動させながらレーザ光Lを照射して1つの貫通孔24に対応する改質領域7を形成し、これを貫通孔24の数だけ繰り返してもよい。

[0049] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明に係るレーザ

加工方法は、上記実施形態に限られるものではなく、各請求項に記載した要旨を変更しない範囲で変形し、又は他のものに適用したものであってもよい。

[0050] 例えば、改質領域を形成する際のレーザ光入射面は、加工対象物 1 の表面 3 に限定されるものではなく、加工対象物 1 の裏面 2 1 であってもよい。また、上記実施形態では、耐エッチング膜として酸化膜 2 2 を生成したが、窒化膜を生成してもよく、耐エッチング膜は、エッチング処理で用いられるエッチング剤に対し耐性を有するものであればよい。

[0051] また、酸化膜 2 2 を生成した後でエッチング処理を行う前に、酸化膜 2 2 にエッチング処理を別途施して欠陥 2 2 b を除去してもよい。この場合、後段の加工対象物 1 に対するエッチング処理において、エッチング剤を改質領域 7 へ確実に侵入させることができ、貫通孔 2 4 を精度よく形成することができる。

[0052] また、上記実施形態でのレーザ光 L の ON・OFF 照射は、レーザ光 L の出射の ON・OFF を制御する他に、レーザ光 L の光路上に設けられたシャッタを開閉したり、加工対象物 1 の表面 3 をマスキングしたり等して実施してもよい。さらに、レーザ光 L の強度を、改質領域 7 が形成される閾値（加工閾値）以上の強度と加工閾値未満の強度との間で制御してもよい。

### 産業上の利用可能性

[0053] 本発明のレーザ加工方法によれば、貫通孔を精度よく形成でき且つ加工容易化が可能となる。

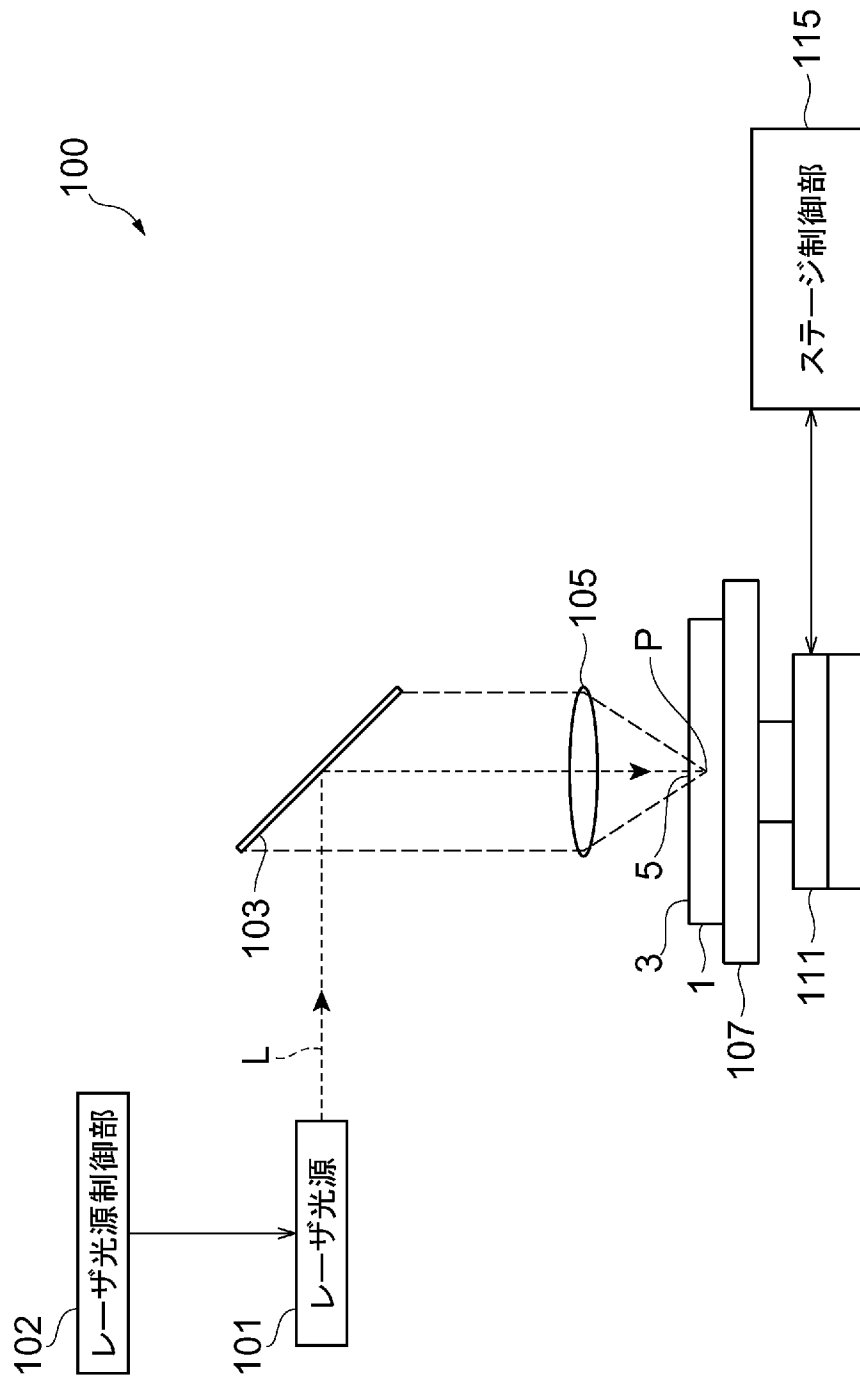
### 符号の説明

[0054] 1…加工対象物、3…表面（外表面、主面）、7…改質領域、2 1…裏面（外表面、主面）、2 2…酸化膜（耐エッチング膜）、2 4…貫通孔、2 6…酸化膜（絶縁膜）、L…レーザ光、P…集光点。

## 請求の範囲

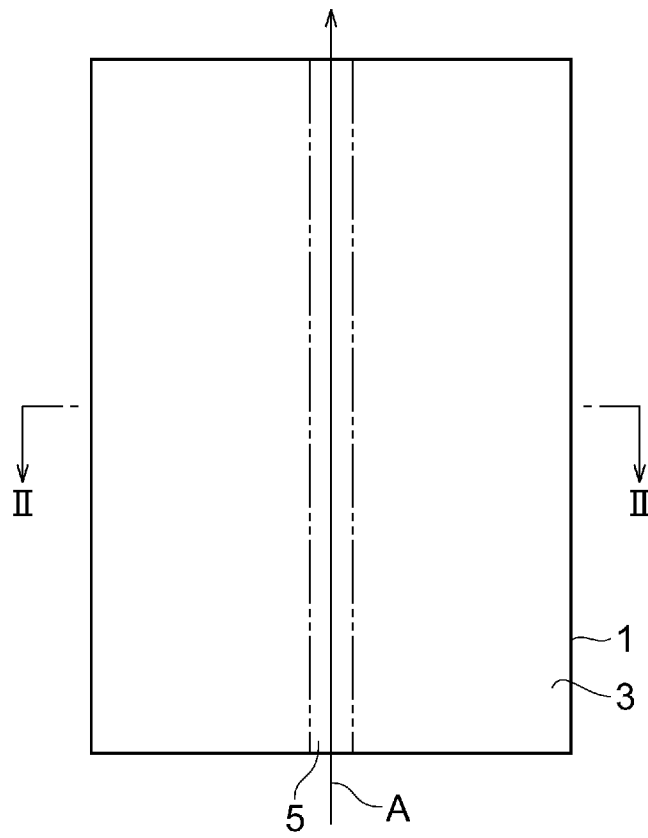
- [請求項1] シリコンにより形成された加工対象物の内部にレーザ光を集光させて改質領域を形成し、該改質領域に沿ってエッチングすることにより、前記加工対象物に貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、
- 前記加工対象物に前記レーザ光を集光させることにより、前記加工対象物における前記貫通孔に対応する部分に沿って前記改質領域を形成するレーザ光集光工程と、
- 前記レーザ光集光工程の後、前記エッチングに耐性を有する耐エッチング膜を前記加工対象物の外表面に生成する耐エッチング膜生成工程と、
- 前記耐エッチング膜生成工程の後、前記加工対象物にエッチング処理を施すことにより、前記改質領域に沿って前記エッチングを選択的に進展させて前記貫通孔を形成するエッチング処理工程と、を含み、
- 前記レーザ光集光工程では、前記加工対象物の前記外表面に前記改質領域を露出させるレーザ加工方法。
- [請求項2] 前記加工対象物は、(100)面となる主面を有する板状を呈し、前記貫通孔は、前記加工対象物の厚さ方向に対し傾斜し、
- 前記エッチング処理工程では、前記エッチング処理として異方性エッチングを施す請求項1記載のレーザ加工方法。
- [請求項3] 前記耐エッチング膜生成工程の後で前記エッチング処理工程の前に、前記耐エッチング膜にエッチング処理を施すことにより、露出した前記改質領域上に生成された前記耐エッチング膜を除去する工程をさらに含んでいる請求項1又は2記載のレーザ加工方法。
- [請求項4] 前記加工対象物に複数の前記貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、
- 前記エッチング処理工程の後、前記加工対象物の前記貫通孔の内面に絶縁膜を生成する絶縁膜生成工程をさらに含んでいる請求項1～3の何れか一項記載のレーザ加工方法。

[図1]

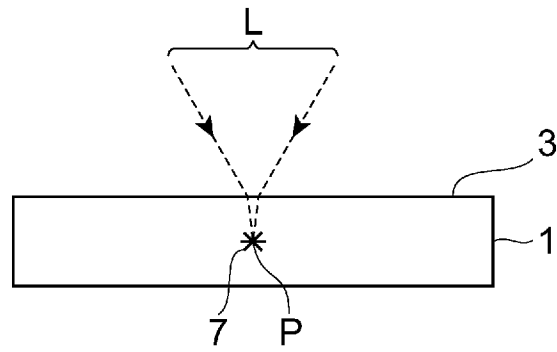




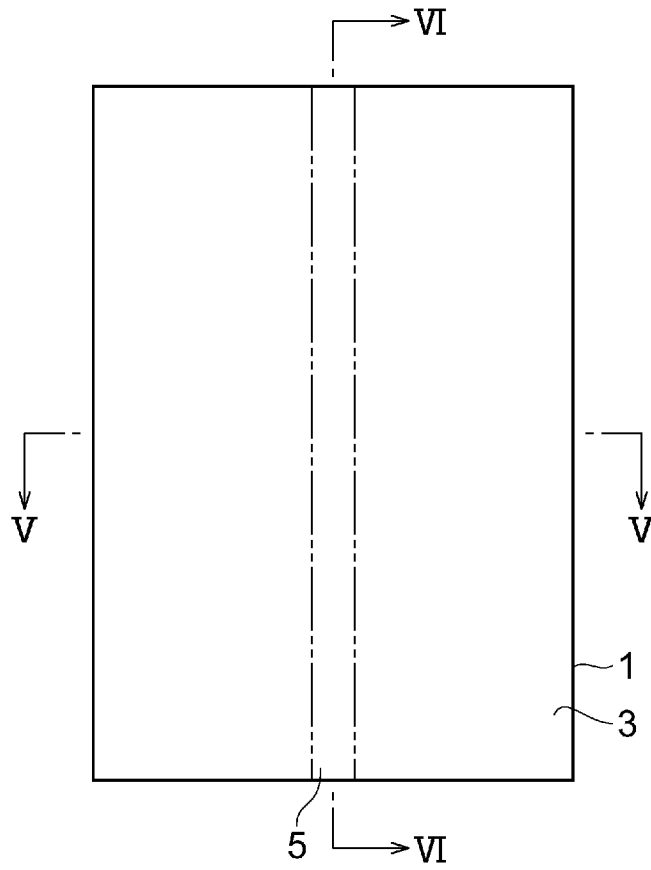
[図2]



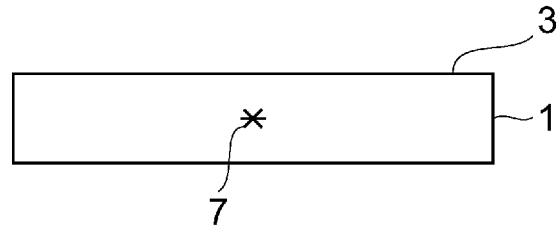
[図3]



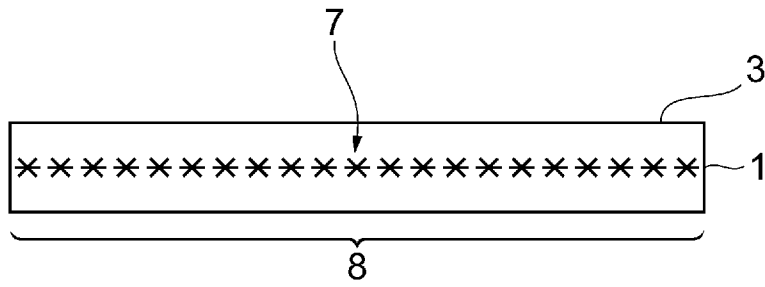
[図4]



[図5]



[図6]

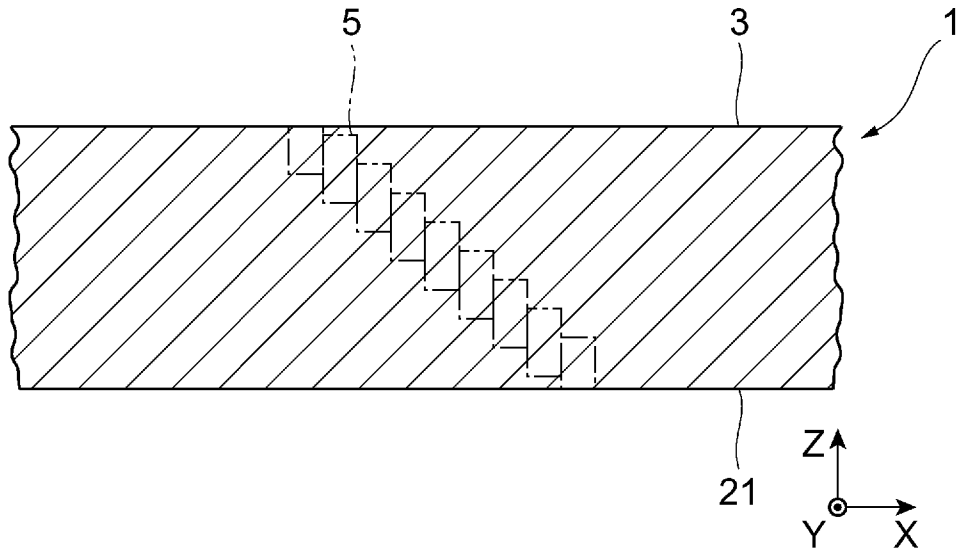


[図7]

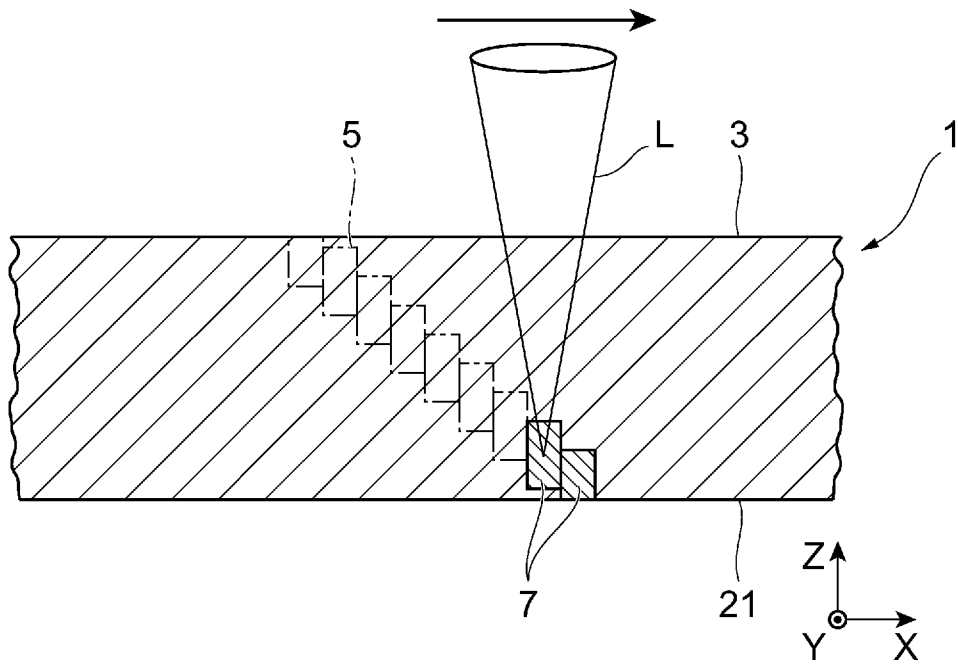
基板	エッチング剤
Si (等方性)	HNO <sub>3</sub> (硝酸)とHF(フッ酸)とH <sub>2</sub> O(水)またはCH <sub>3</sub> COOH(酢酸)の混合液
Si (異方性)	KOH(水酸化カリウム)、TMAH(水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液) EDP、NaOH、CsOH、NH <sub>4</sub> OH、ヒドラジンなど

[図8]

(a)

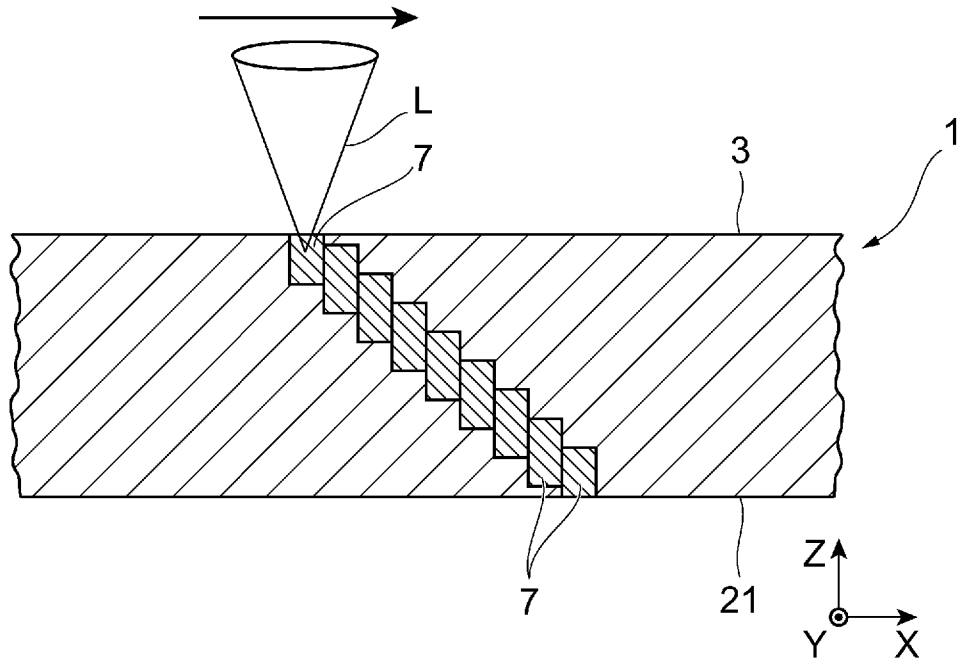


(b)

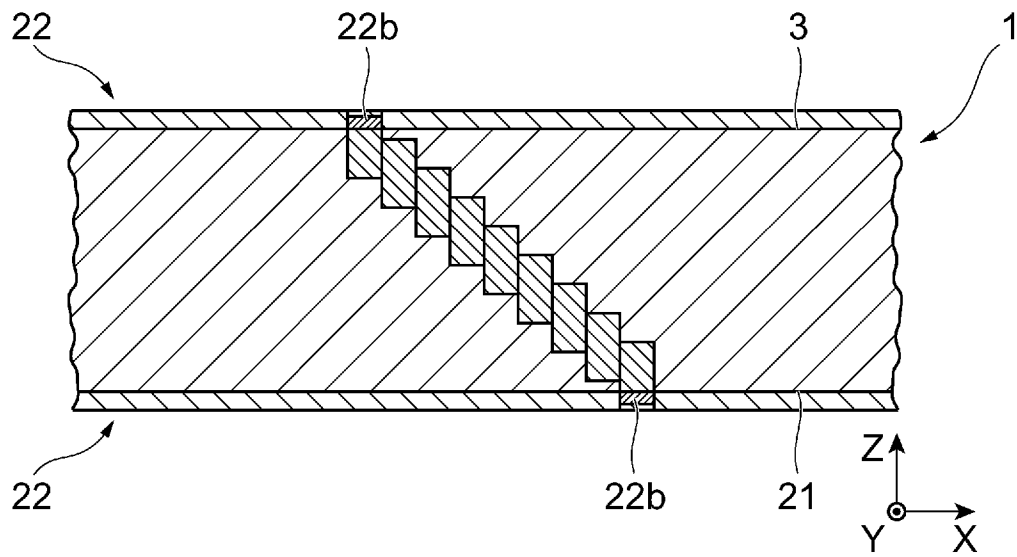


[図9]

(a)

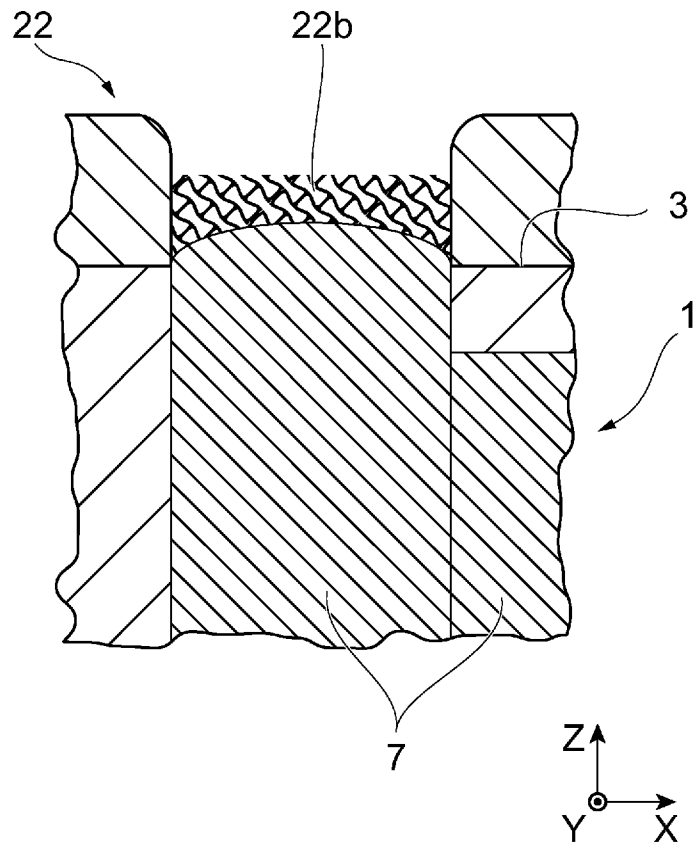


(b)



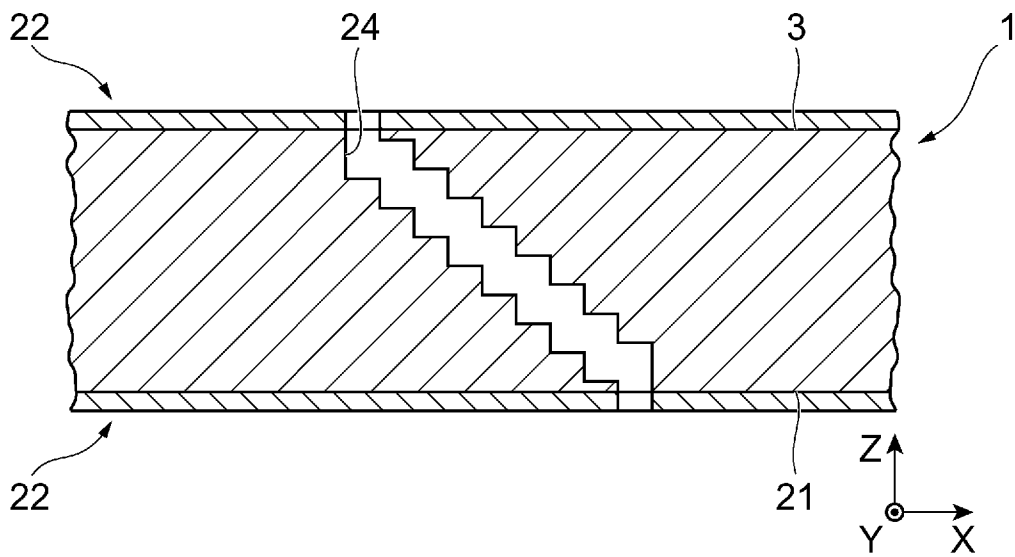


[図10]

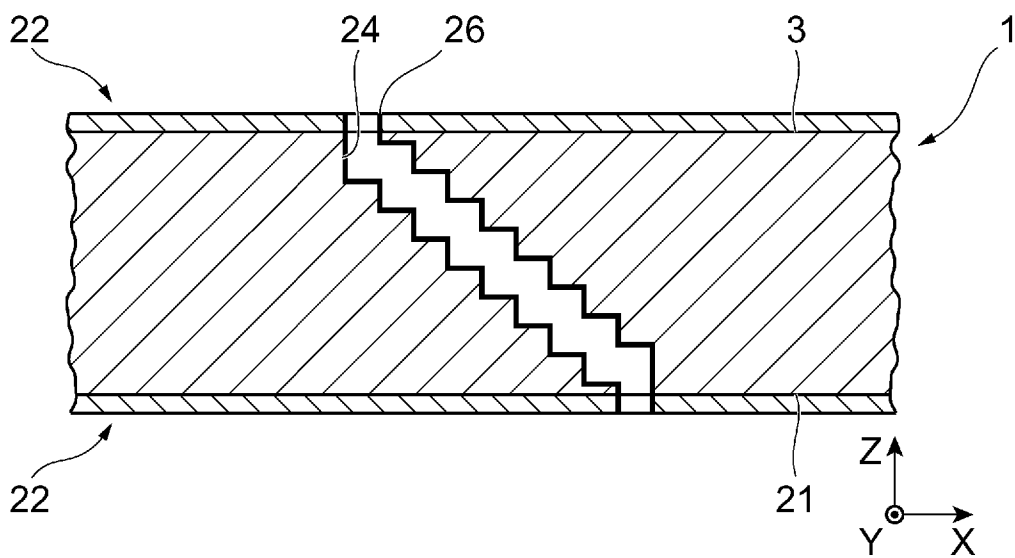


[図11]

(a)

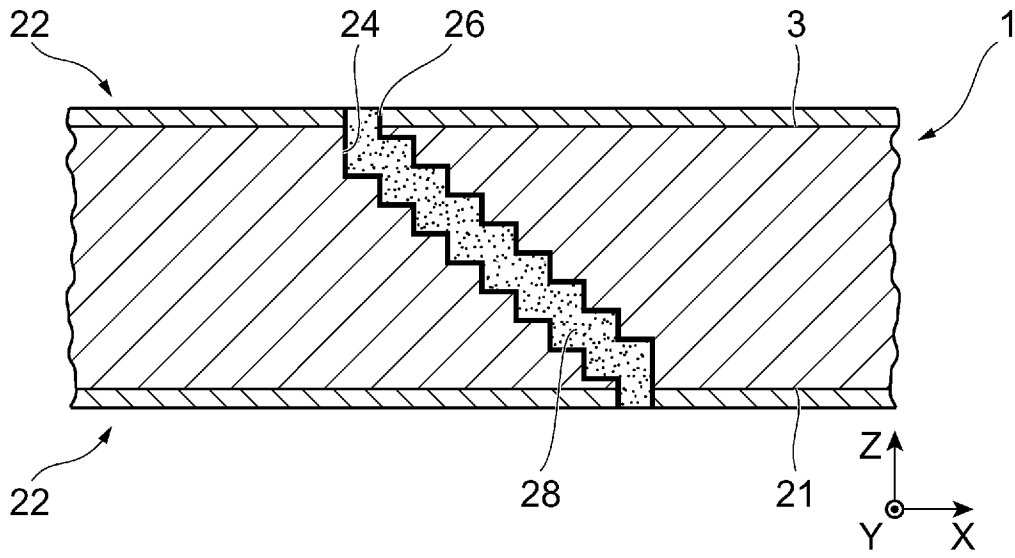


(b)

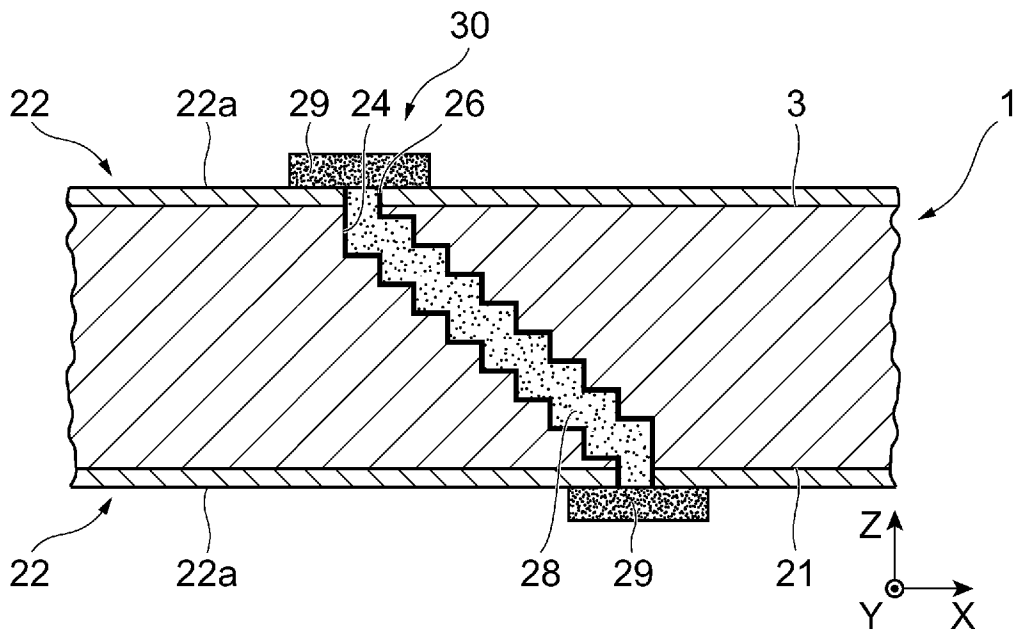


[図12]

(a)



(b)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066322

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/306(2006.01) i, B23K26/00(2006.01) i, B23K26/38(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/306, B23K26/00, B23K26/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2010-142837 A (Seiko Epson Corp.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraphs [0016] to [0021]; all drawings (Family: none)	1-2, 4 3
Y A	JP 2009-267247 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 November 2009 (12.11.2009), paragraphs [0016] to [0019]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-2, 4 3
Y A	JP 2000-246475 A (Seiko Epson Corp.), 12 September 2000 (12.09.2000), paragraph [0007] & US 6563079 B1 & WO 2000/050198 A1 & AU 2692100 A & CN 1294540 A	4 3

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
11 October, 2011 (11.10.11)Date of mailing of the international search report  
25 October, 2011 (25.10.11)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/066322

The feature of "a step of removing an etching-resistant film generated on the exposed modified region by etching the etching-resistant film" in claim 3 cannot be specifically specified.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01L21/306(2006.01)i, B23K26/00(2006.01)i, B23K26/38(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01L21/306, B23K26/00, B23K26/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2011年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2010-142837 A (セイコーエプソン株式会社) 2010.07.01, 段落【0016】-【0021】, 全図 (ファミリーなし)	1-2, 4 3
Y A	JP 2009-267247 A (三菱電機株式会社) 2009.11.12, 段落【0016】-【0019】, 【図1】-【図3】 (ファミリーなし)	1-2, 4 3

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

<p>* 引用文献のカテゴリー                  「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                  「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの                  「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)                  「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                  「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献                  「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの                  「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの                  「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 11.10.2011	国際調査報告の発送日 25.10.2011
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 青木 正博 電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2000-246475 A (セイコーエプソン株式会社) 2000.09.12, 段落 【0007】 & US 6563079 B1 & WO 2000/050198 A1	4
A	& AU 2692100 A & CN 1294540 A	3

請求項3に記載された「耐エッチング膜にエッチング処理を施すことにより、露出した前記改質領域上に生成された前記耐エッチング膜を除去する工程」との事項が、いかなる工程なのかが具体的に特定できない。