

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-249895  
(P2005-249895A)

(43) 公開日 平成17年9月15日(2005.9.15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/122	GO2B 6/12	2H047
GO2B 6/13	GO2B 6/12	M

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-56995 (P2004-56995)	(71) 出願人	000003067 TDK株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(22) 出願日	平成16年3月2日(2004.3.2)	(74) 代理人	100101214 弁理士 森岡 正樹
		(72) 発明者	花島 直樹 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
		(72) 発明者	持田 励雄 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
		Fターム(参考)	2H047 KA02 KA04 PA01

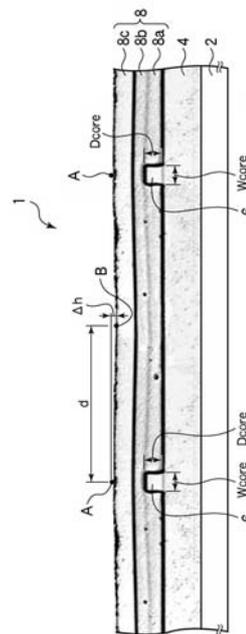
(54) 【発明の名称】 石英光導波路及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】本発明は、石英材料でクラッド層及びコアが形成された石英光導波路及びその製造方法に関し、コアの位置を容易に確認できる石英光導波路及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】石英基板2上にシリケートガラスで形成された下部クラッド層4と、下部クラッド層4上にシリケートガラスで形成されたコア6と、コア6を埋め込んで下部クラッド層4上にシリケートガラスで形成された上部クラッド層8とを有し、コア6位置とそれ以外の位置とで上部クラッド層8上表面の反射の違いが認識できるように上部クラッド層8上表面に高低差 h が形成されている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

石英基板と、  
前記石英基板上に形成された下部クラッド層と、  
前記下部クラッド層上に形成されたコアと、  
前記コアを埋め込むように前記下部クラッド層上に形成された上部クラッド層とを有し

、  
前記コア位置とそれ以外の位置とで前記上部クラッド層上表面に基板面法線方向への高低差を設けたこと

を特徴とする石英光導波路。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の石英光導波路であって、

前記高低差は、前記上部クラッド層上表面からの反射の違いが認識できるように設けられていること

を特徴とする石英光導波路。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の石英光導波路であって、

前記高低差は、 $0.2\ \mu\text{m}$  以上で前記コアのコア高さ以下であること

を特徴とする石英光導波路。

## 【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の石英光導波路であって、

前記上部クラッド層は、ボロンと燐を添加したシリケートガラスであること

を特徴とする石英光導波路。

20

## 【請求項 5】

石英基板上に下部クラッド層を形成し、

前記下部クラッド層上にコアを形成し、

前記コアを埋め込むように前記下部クラッド層上にシリケートガラスを成膜し、フローするための軟化により前記コア位置とそれ以外の位置とで上表面に基板面法線方向への高低差を設けた上部クラッド層を形成すること

を特徴とする石英光導波路の製造方法。

30

## 【請求項 6】

請求項 5 記載の石英光導波路の製造方法であって、

前記高低差は、前記上部クラッド層上表面からの反射の違いが認識できるように設けられること

を特徴とする石英光導波路の製造方法。

## 【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載の石英光導波路の製造方法であって、

前記高低差は、 $0.2\ \mu\text{m}$  以上で前記コアのコア高さ以下に形成すること

を特徴とする石英光導波路の製造方法。

## 【請求項 8】

請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の石英光導波路の製造方法であって、

前記上部クラッド層の前記シリケートガラスは、ボロンと燐を添加したシリケートガラスであること

を特徴とする石英光導波路の製造方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、石英材料でクラッド層及びコアが形成された石英光導波路及びその製造方法

50

に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に光導波路は、基板と、基板上に形成されたクラッド層と、クラッド層内に埋め込まれてクラッド層より若干高い屈折率を有するコア（光導波路）とを有している。クラッド層はコアの下層（基板側）に配置された下部クラッド層と、コアを埋め込んで下部クラッド層の上層に配置された上部クラッド層とで構成されている。光導波路に入力した光は、コアとクラッド層との屈折率の差によってコア内に閉じ込められてコア内を伝搬する。

【0003】

石英光導波路では、基板材料にシリコン又は石英が用いられ、コア及びクラッド層は火炎堆積法（FHD）、スパッタ法、化学気相蒸着法（CVD法）等を用いてシリケートガラスで作製される。シリコン基板の屈折率は、シリケートガラスで形成されたクラッド層及びコアの屈折率と大きく異なるため、基板面法線方向に観察するとシリコン基板上に形成されたコアの位置は比較的容易に認識できる。ところが、石英材料で形成された基板の場合には、基板の屈折率とクラッド層及びコアの屈折率が殆ど同じになるため、基板面法線方向に観察したときにコアの位置を確認し難いという問題が生じ得る。また、これにより、調芯接続作業が困難になるという問題が生じ得る。

10

【0004】

上部クラッド層の形成材料がコアの形状に倣って堆積される場合には、コアの存在に応じて上部クラッド層表面に段差が生じるため、平坦部と段差部での反射の違いを利用して、コア位置を容易に認識することができる。

20

【0005】

ところが、CVD法ではコアを埋め込むように上部クラッド層を堆積する際に、コアの導波路レイアウトに狭ギャップ領域があると当該ギャップに上部クラッド層材料が堆積されずボイド（鬆）が発生してしまう場合がある。これを回避するために成膜時に上部クラッド層をスパッタエッチングしつつ成膜する方法や、上部クラッド層に軟化温度の低い材料を用いて高温で、フロー（flow）するための軟化を行なってボイドを埋め込む方法が提案されている（特許文献1参照）。

【特許文献1】米国特許第6044192号明細書

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところが、フローするための軟化によりボイドの発生を抑制すると、上部クラッド層表面が軟化して平坦化され、上部クラッド層表面の段差が緩やかになってしまうため、コアの位置の認識が困難になってしまうという問題が生じる。

【0007】

本発明の目的は、コアの位置を容易に確認できる石英光導波路及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

上記目的は、石英基板と、前記石英基板上に形成された下部クラッド層と、前記下部クラッド層上に形成されたコアと、前記コアを埋め込むように前記下部クラッド層上に形成された上部クラッド層とを有し、前記コア位置とそれ以外の位置とで前記上部クラッド層上表面に基板面法線方向への高低差を設けたことを特徴とする石英光導波路によって達成される。

【0009】

上記本発明の石英光導波路であって、前記高低差は、前記上部クラッド層上表面からの反射の違いが認識できるように設けられていることを特徴とする。また、前記高低差は、 $0.2\mu\text{m}$ 以上で前記コアのコア高さ以下であることを特徴とする。

【0010】

50

上記本発明の石英光導波路であって、前記上部クラッド層は、ボロンと燐を添加したシリケートガラスであることを特徴とする。

【0011】

上記目的は、石英基板上に下部クラッド層を形成し、前記下部クラッド層上にコアを形成し、前記コアを埋め込むように前記下部クラッド層上にシリケートガラスを成膜し、フローするための軟化により前記コア位置とそれ以外の位置とで上表面に基板面法線方向への高低差を設けた上部クラッド層を形成することを特徴とする石英光導波路の製造方法によって達成される。

【0012】

上記本発明の石英光導波路の製造方法であって、前記高低差は、前記上部クラッド層上表面からの反射の違いが認識できるように設けられることを特徴とする。また、前記高低差は、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上で前記コアのコア高さ以下に形成することを特徴とする。

10

【0013】

上記本発明の石英光導波路の製造方法であって、前記上部クラッド層の前記シリケートガラスは、ボロンと燐を添加したシリケートガラスであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、基板面法線方向に観察した場合にコアの位置を容易に確認できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の一実施の形態による石英光導波路及びその製造方法について図1乃至図4を用いて説明する。

20

図1は、本実施の形態による石英光導波路の製造方法により製造した石英光導波路1をコア延伸方向に直交する方向に切断した断面を示している。図1において、石英基板2上にシリケートガラスで下部クラッド層4が形成されている。下部クラッド層4上にはゲルマニウム添加のシリケートガラスで断面が矩形状のコア6が複数並列して形成されている。コア6断面の基板面方向の幅 $W_{\text{core}} = 7\ \mu\text{m}$ 、基板面法線方向の高さ $D_{\text{core}} = 7\ \mu\text{m}$ である。

【0016】

コア6を埋め込んで下部クラッド層4上に上部クラッド層8が形成されている。上部クラッド層8は、本例では3層構造を有しており、下層から順に、ボロン(B)と燐(P)を添加した膜厚 $6\ \mu\text{m}$ の石英膜(BPSG)の第1層8a、厚さ $6\ \mu\text{m}$ のBPSGの第2層8b、膜厚 $15\ \mu\text{m}$ の石英の第3層8cが積層されている。

30

【0017】

上部クラッド層8上表面には緩やかな傾斜が形成されており、隣接コア6, 6間において、コア6上方の位置Aよりコア6, 6間のほぼ中央の位置B(位置Aからの距離d)が相対的に高低差hだけ低く形成されている。

【0018】

この高低差hは、隣接A, A間(又は隣接B, B間)の上部クラッド層8上表面での基板面法線方向への反射の違いが認識できる程度の大きさに形成されている。必要な高低差hは、後述するレーザ顕微鏡を用いるのであれば、レーザ光の半波長よりも長ければよいので $0.2\ \mu\text{m}$ 程度以上であればよい。本例では $h = 2\ \mu\text{m}$ 程度に形成されており、一般の光学顕微鏡を用いて基板面法線方向に観察して容易にコア6位置を認識できる。

40

【0019】

上部クラッド層8上表面の高低差hは、上部クラッド層8を構成する第1層8a~第3層8cを順に形成する際に、CVD法での成膜に続けて行うフローするための軟化を、上部クラッド層8表面が完全に平坦化されない程度に制御することで得られる。フローするための軟化処理を制御することにより、コア6近傍とコア6から離れた位置での上部クラッド層8の表面高さを異ならせてコア6位置の認識を容易にすると共に、隣接コア6, 6間のギャップでボイドを生じさせない石英光導波路1の作製が可能となる。また、ギャ

50

ップフィル (gap-fil) のためのフローによってボイドの形成を避けるために、高低差  $h$  がコア 6 の高さ  $D_{core}$  と同程度以下になるように上部クラッド層 8 を形成すればよい。

【0020】

次に、本実施の形態による石英光導波路 1 の製造方法の具体的実施例について図 1 乃至図 3 を用いて説明する。プラズマ CVD 法を用いて、石英基板 2 上にシリケートガラスで下部クラッド層 4 を成膜し、続いて、ゲルマニウム添加のシリケートガラスでコア形成層を成膜する。次いで、フォトリソグラフィ法を用いてコア形成層をパターンニングし、 $W_{core} = 7 \mu m$ 、 $D_{core} = 7 \mu m$  の矩形状断面を有する複数のコア 6 を形成する。次いで、プラズマ CVD 法を用いて、ボロン (B) と燐 (P) を添加して低軟化温度とした石英膜 (BPSG) を基板全面に  $6 \mu m$  の厚さに成膜して上部クラッド層 8 の第 1 層 8 a を形成する。次いで、1000 で 24 時間のフローするための軟化を行う。同様に、BPSG を  $6 \mu m$  成膜して第 2 層 8 b を成膜した後、1000 で 24 時間のフローするための軟化を行う。最後に、プラズマ CVD 法により、石英を  $15 \mu m$  成膜して第 3 層 8 c を形成して熱処理を行う。以上の工程により、図 1 に示す本実施の形態による石英光導波路 1 が完成する。

10

【0021】

次に、コア 6 高さ ( $D_{core}$ ) を  $7 \mu m$  に固定して、上述の製造時の上部クラッド層 8 の第 1 層 8 a ~ 第 3 層 8 c の熱処理条件を変えて、上部クラッド層 8 表面の高低差 ( $h$ ) を  $0 \mu m$  から  $9 \mu m$  まで変化させた複数の石英光導波路を作製した。表 1 は、上部クラッド層 8 表面の高低差  $h$  を  $0 \mu m$  から  $9 \mu m$  まで変化させた複数の石英光導波路におけるコア位置の視認性とボイドの発生状態の比較を示している。表 1 において、「コア位置視認性」の項の印は視認性が良好であることを表し、 $\times$  印は視認性が劣ることを表している。また、「ボイド」の項の印はボイドが生じていないことを表し、 $\times$  印はボイドが生じていることを表している。表 1 から、高低差  $h$  が  $3 \mu m \sim 6 \mu m$  の範囲にあれば、ボイドの発生をさせずに容易にコア位置を確認することができることがわかる。

20

【0022】

【表 1】

コア 6 高さ ( $D_{core}$ )	上部クラッド層 8 高低差 ( $\Delta h$ )	コア位置視認性	ボイド
$7 \mu m$	$9 \mu m$	○	×
$7 \mu m$	$6 \mu m$	○	○
$7 \mu m$	$3 \mu m$	○	○
$7 \mu m$	$0 \mu m$	×	○

30

【0023】

次に、上部クラッド層 8 の形成材料の軟化温度を変化させてフローするための軟化を行った場合の特性変化について説明する。ガラスの軟化温度は添加物の総量が多くなると低下する。そこで、上部クラッド層 8 を形成する石英材料に添加するボロンの量は  $3 mol\%$  で一定とし、燐の量を (a) :  $1 mol\%$ 、(b) :  $2 mol\%$  の 2 種類に変えて、フローするための軟化後の上部クラッド層 8 の形状の相違及び基板面法線方向の視認性を比較した。

40

【0024】

図 2 (a) は添加した燐の量が  $1 mol\%$  の場合の導波路断面を示し、図 2 (b) は燐の量が  $2 mol\%$  の場合の導波路断面を示している。両導波路ともコア 6, 6 間の距離 ( $2 \cdot d$ ) は  $127 \mu m$  であり、図 2 (a) での高低差  $h_1$  は  $2.4 \mu m$  であり、図 2 (

50

b) での  $h_2$  は  $0.8 \mu\text{m}$  であった。

【0025】

図3は、高低差  $h$  を変えた2つの石英光導波路を基板面法線方向に観察した状態を示しており、図3(a)は図2(a)の石英光導波路の上面の観察画像を示し、図3(b)は図2(b)の石英光導波路の上面の観察画像を示している。両画像とも、通常の光学顕微鏡による観察画像である。図3から明らかなように、高低差  $h_1$  が  $2.4 \mu\text{m}$  の方が、 $h_2$  が  $0.8 \mu\text{m}$  の方より格段にコア6の視認性に優れている。このように、上部クラッド層8表面のコア6近傍領域の高低差  $h$  によって、上部から見たコア6の視認性が大きく変化することが分かる。

【0026】

上部からの観察像は、導波路コア・クラッド間の屈折率差による反射光分布と上部クラッド層8表面からの反射光分布とで構成される。前者の場合、屈折率差は  $10^{-3}$  程度と小さいためコア部分のコントラスト(明暗の差)はそれほど大きくない。後者の場合、反射光は上部クラッド層8と空気との界面の屈折率差により決まり、例えばシリケートガラスによって上部クラッド層8が形成されている場合の屈折率差は  $0.5$  程度であり、これによるコントラストは前者に比べてかなり大きい。したがって上部クラッド層8表面にコア6部分とそれ以外の領域とで高低差  $h$  を設けることで反射光の分布が均一でなくなり導波路コア6の視認性が向上する。

【0027】

このように、コア6位置は観察画像中のコア6部分とそれ以外の領域とでの明暗(コントラスト)によって認識される。コントラストは各部分からの光量差で生じるので、上部クラッド層8表面に無用な高低のむらなどが生じていると反射光が不均一になるため明暗の差が生じてしまいノイズ成分となるので留意する必要がある。

【0028】

コア6位置の認識は光導波路基板に光ファイバを調芯接続する際に必要となる。従って石英光導波路1上部から観察するコア6位置の確認は簡易な光学系で容易に行えることが望ましい。この点において本実施の形態による石英光導波路1は、一般的な光学顕微鏡を用いてコア6位置を容易に確認できるので調芯接続時に威力を発揮する。一般的な光学顕微鏡の場合には、図2(b)に示すように、高低差  $h = 0.8 \mu\text{m}$  程度では上部クラッド層8表面からの反射光によるコントラストは低下してしまい、コア6自体での反射光による像認識となってしまう。従って、光学顕微鏡を用いる場合には高低差  $h$  が  $1 \mu\text{m}$  以上あることが好ましい。

【0029】

本発明は、上記実施の形態に限らず種々の変形が可能である。

上記実施の形態では、光学顕微鏡によるコア位置認識を例にとって説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、一般的な光学顕微鏡に代えて、共焦点顕微鏡や自動焦点顕微鏡(これらはレーザ顕微鏡ともいう)を用いることもできる。図4は共焦点顕微鏡の概略構成を示している。対物レンズ104の焦点面112と共焦点レンズ106の焦点面とが共役の関係にあり、共焦点レンズ106の焦点面にピンホール108が配置されている。

【0030】

これにより、ステージ100を光軸方向に移動させてステージ100上の試料102の観察位置を焦点面112に移動させるとピンホール108からは観察位置の像だけが通過して検出部110に入射するようになっている。レーザなどの単一波長光源と共焦点光学系あるいは自動焦点機構を組み合わせることで焦点深度をかなり浅くすることができ、表面の高低差によるコントラストが増強されるので、光学顕微鏡よりも小さい高低差  $h$  でコア位置検出が可能になる。一般的には  $0.1 \mu\text{m}$  の高低差  $h$  でコア位置の検出が可能であるが、表面の微妙なうねりなどによる誤認識を防ぐために、高低差  $h$  が  $0.3 \mu\text{m}$  以上となるように上部クラッド層8表面に傾斜を形成するのが望ましい。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本発明の一実施の形態による石英光導波路をコア延伸方向に直交する方向に切断した断面を示す図である。

【 図 2 】 上部クラッド層 8 の石英材料に添加する不純物を異ならせて作製した 2 つの石英光導波路のコア延伸方向に直交する方向に切断した断面を示す図である。

【 図 3 】 高低差  $h$  を変えた 2 つの石英光導波路を基板面法線方向に観察した状態を示す図である。

【 図 4 】 共焦点顕微鏡の概略構成を示す図である。

【 符号の説明 】

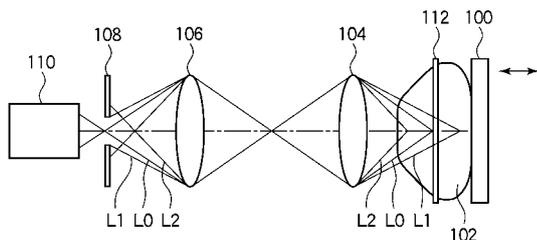
【 0 0 3 2 】

- 1 石英光導波路
- 2 石英基板
- 4 下部クラッド層
- 6 コア
- 8 上部クラッド層
- 1 0 0 ステージ
- 1 0 2 試料
- 1 0 4 対物レンズ
- 1 0 6 共焦点レンズ
- 1 0 8 ピンホール
- 1 1 0 検出部
- 1 1 2 焦点面

10

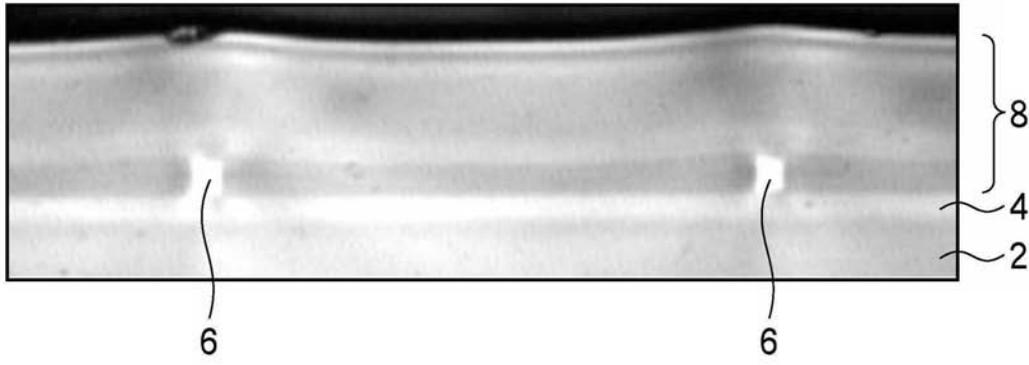
20

【 図 4 】

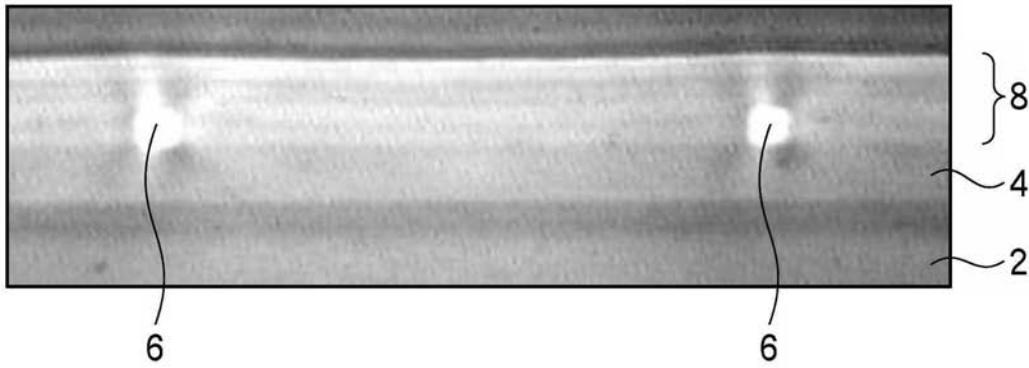




【 図 2 】

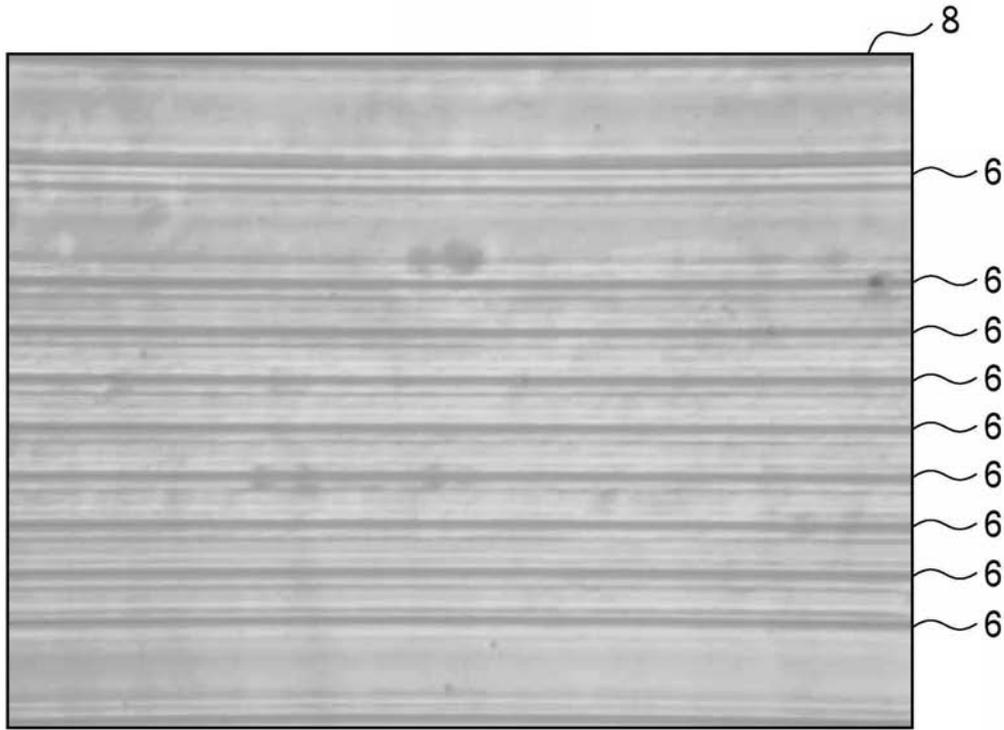


(a)



(b)

【 図 3 】



(a)



(b)