

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5378172号  
(P5378172)

(45) 発行日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日 (2013.10.4)

(51) Int. Cl.	F I
<b>GO2B 6/13 (2006.01)</b>	GO2B 6/12 M
<b>GO2B 6/122 (2006.01)</b>	GO2B 6/12 B
<b>GO2B 6/42 (2006.01)</b>	GO2B 6/42

請求項の数 7 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2009-267504 (P2009-267504)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成21年11月25日 (2009.11.25)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2011-112768 (P2011-112768A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成23年6月9日 (2011.6.9)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成24年11月14日 (2012.11.14)		弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100115381
			弁理士 小谷 昌崇
		(72) 発明者	中芝 徹
			大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック電工株式会社内
		(72) 発明者	近藤 直幸
			大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック電工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路コアの製造方法、光導波路の製造方法、光導波路、及び光電気複合配線板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に形成されたクラッド層の表面に、コア部を形成するコア部形成工程と、  
前記コア部に、前記クラッド層に対して略垂直な垂直面と、前記垂直面に対向し、前記クラッド層の反対側から入射される光を前記コア部に誘導又は前記コア部から出射される光を前記クラッド層の反対側に導出するように、光を反射させるための傾斜面とを有する凹部を形成する凹部形成工程と、

前記凹部に金属層を形成する金属層形成工程と、

前記垂直面に形成された金属層を選択的に除去することによって、少なくとも前記傾斜面上に金属層を残存させる金属層除去工程とを備え、

前記コア部形成工程が、前記基板上に形成されたクラッド層の表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成するコア材料層形成工程と、前記コア材料層を選択露光することによって、前記感光性材料が硬化した硬化部とそれ以外の未硬化部とを有するコア部を形成する露光工程とを備え、

前記凹部形成工程が、前記傾斜面が前記硬化部に、前記垂直面が前記未硬化部に形成されるように、前記凹部を形成する工程であり、

前記金属層除去工程が、前記凹部が形成されたコア部を現像することによって、前記垂直面上の金属層を除去し、前記傾斜面上の金属層を残存させる工程であることを特徴とする光導波路コアの製造方法。

【請求項2】

前記感光性材料が、エネルギー線が照射された部分の、前記現像で用いる液体に対する溶解性が変化する材料である請求項 1 に記載の光導波路コアの製造方法。

【請求項 3】

前記金属層形成工程の前に、前記凹部が形成されたコア部の表面を粗化する粗化工程を備える請求項 1 又は請求項 2 に記載の光導波路コアの製造方法。

【請求項 4】

前記金属層形成工程の前に、前記凹部が形成されたコア部の表面をカップリング剤で処理するカップリング処理工程を備える請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光導波路コアの製造方法。

【請求項 5】

基板上に形成された第 1 クラッド層の表面に、コア部を形成するコア部形成工程と、前記コア部に、前記第 1 クラッド層に対して略垂直な垂直面と、前記垂直面と対向し、前記第 1 クラッド層の反対側から入射される光を前記コア部内に誘導又は前記コア部から出射される光を前記第 1 クラッド層の反対側に導出するように、光を反射させるための傾斜面とを有する凹部を形成する凹部形成工程と、

前記凹部に金属層を形成する金属層形成工程と、

前記垂直面に形成された金属層を選択的に除去することによって、少なくとも前記傾斜面上に金属層を残存させる金属層除去工程と、

前記コア部を埋設するように第 2 クラッド層を形成するクラッド層形成工程とを備え、

前記コア部形成工程が、前記基板上に形成された第 1 クラッド層の表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成するコア材料層形成工程と、前記コア材料層を選択露光することによって、前記感光性材料が硬化した硬化部とそれ以外の未硬化部とを有するコア部を形成する露光工程とを備え、

前記凹部形成工程が、前記傾斜面が前記硬化部に、前記垂直面が前記未硬化部に形成されるように、前記凹部を形成する工程であり、

前記金属層除去工程が、前記凹部が形成されたコア部を現像することによって、前記垂直面上の金属層を除去し、前記傾斜面上の金属層を残存させる工程であることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の光導波路の製造方法によって得られたことを特徴とする光導波路。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の光導波路を備えることを特徴とする光電気複合配線板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路コアの製造方法、光導波路の製造方法、前記光導波路の製造方法により製造された光導波路、及び前記光導波路を備える光電気複合配線板に関するものである。

【背景技術】

【0002】

昨今の各種情報処理機器内における信号高速化に付随する高周波ノイズや、伝送帯域不足の問題を解決するものとして、光を内部に導波させる光導波路を内蔵したプリント基板である光電気複合配線板が注目されている。

【0003】

このような光電気複合配線板においては、光を所望の角度に曲げて、例えば、光導波路から光を入出力すること等を目的として、光導波路のコア部に、光を反射可能な傾斜面が形成されている。このような傾斜面が形成された光導波路を製造する方法としては、例えば、非特許文献 1 や特許文献 1 に記載の方法等が挙げられる。

【0004】

非特許文献 1 には、光導波路を製造する方法として、以下のような製造方法が記載され

10

20

30

40

50

ている。まず、仮基板上に形成された第1クラッド層の表面に、感光性材料層を形成し、その感光性材料層を選択露光することによって、光導波路のコア部を形成する。そして、そのコア部を回転刃等により加工することにより、前記コアに、光を反射させるための傾斜面を形成し、前記傾斜面の反射効率を向上させるために、前記傾斜面上に金属層を形成する。その後、金属層が形成されたコア部を埋設するように第2クラッド層を形成する。そうすることによって、仮基板上に光導波路が形成される。そして、最後に、形成された光導波路の第2クラッド層に、本来、光導波路を形成しようとしていた基板を貼り付けるとともに、前記仮基板を剥離させる。

【0005】

特許文献1には、下部クラッド層の上にこれより屈折率の大きいコア部をパターンングにより形成する第1工程と、基体の全面を前記コア部及び前記下部クラッド層の双方に対してエッチング速度又は現像液熔解製の異なる光路屈曲手段形成用の材料層で被覆する第2工程と、前記材料層をパターンングすることにより、前記コア部の端面に対して所定の角度をもって対向される端面(傾斜面)を光反射面とする光路屈曲手段を形成する第3工程と、基体の全面を上部クラッド層で被覆することにより埋込型の光導波路を形成する第4工程とを有する光信号伝送システムの製造方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-47044号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】松下電工技報、Vol.54、No.3「光・電気複合フレキシブルプリント配線板」(2006年9月発行)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

傾斜面が形成された光導波路を製造する方法としては、コア部に傾斜面を形成できるだけでなく、製造効率が高く、そして、その傾斜面に金属層が選択的に形成できること等も求められている。

【0009】

非特許文献1によれば、傾斜面を有する光導波路を形成できる旨が開示されている。そして、その傾斜面の表面には、光の反射効率を高めるための金属層が形成されることが開示されている。

【0010】

しかしながら、上述したように、光導波路を仮基板上に形成するので、光導波路が形成された後に、仮基板から剥離して、本来、光導波路を形成しようとしていた基板に貼りなおさなければならないという問題があった。そして、仮基板から剥離する必要があるので、仮基板と第1クラッド層との剥離性を考慮した、仮基板や第1クラッド層の材料選択をしなければならないという問題もあった。

【0011】

また、特許文献1によれば、光反射面として、コア部の端面に対して所定の角度をもって対向される傾斜面を精度良く製造することができる旨が開示されている。そして、前記傾斜面に、金属薄膜を被着させてもよい旨が開示されている。

【0012】

しかしながら、前記金属薄膜の被着方法については、特に検討されておらず、一般的な方法で被着させると、前記傾斜面だけではなく、コア部の端面等にも付着されるという問題があった。

【0013】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであって、所定の角度をなす傾斜面を有す

10

20

30

40

50

る光導波路コアを効率的に製造することができ、前記傾斜面に選択的に金属膜を形成させることができる光導波路コアの製造方法を提供することを目的とする。また、前記傾斜面を有する光導波路コアを備える光導波路の製造方法、前記光導波路の製造方法により製造された光導波路、及び前記光導波路を備える光電気複合配線板を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の一態様に係る光導波路コアの製造方法は、基板上に形成されたクラッド層の表面に、コア部を形成するコア部形成工程と、前記コア部に、前記クラッド層に対して略垂直な垂直面と、前記垂直面に対向し、前記クラッド層の反対側から入射される光を前記コア部に誘導又は前記コア部から出射される光を前記クラッド層の反対側に導出するように、光を反射させるための傾斜面とを有する凹部を形成する凹部形成工程と、前記凹部に金属層を形成する金属層形成工程と、前記垂直面に形成された金属層を選択的に除去することによって、少なくとも前記傾斜面上に金属層を残存させる金属層除去工程とを備えることを特徴とする。

10

【0015】

このような構成によれば、光導波路コアを製造する際、クラッド層の表面に、コア部を形成し、形成されたコア部に傾斜面を有する凹部を形成する。そして、コア部に形成された凹部に金属層を形成し、傾斜面对向する垂直面に形成された金属層を選択的に除去することによって、所定の角度をなす傾斜面に選択的に金属膜が形成された光導波路コアを効率的に製造することができる。

20

【0016】

また、前記傾斜面のみに金属層を均一に形成させることは困難である。このことは、特に前記凹部が小さい場合に顕著である。本製造方法によれば、前記凹部が小さい場合であっても、前記垂直面上の金属層を選択的に除去するので、好適な金属層が形成できる。

【0017】

以上より、所定の角度をなす傾斜面を有する光導波路コアを効率的に製造することができ、前記傾斜面に選択的に金属膜を形成させることができる。

【0018】

さらに、製造された光導波路コアを埋設するように、別途クラッド層を形成することにより、光導波路を形成することができる。その際、前記光導波路コアに入射される光や前記光導波路コアから出射された光が、前記基板を通過しないので、前記基板として、どのような基板であっても用いることができ、例えば、光導波路を形成しようとする基板をそのまま用いることができる。よって、仮基板を用い、その仮基板を剥離するという工程が不要になり、光導波路を効率的に製造することができる。

30

【0019】

また、前記金属層除去工程が、前記垂直面上の金属層を、その外表面を基準として前記金属層の厚み分以上除去することによって、前記傾斜面上の金属層を残存させる工程であることが好ましい。

【0020】

このような構成によれば、前記垂直面上に形成される金属層が容易に除去され、前記傾斜面上に金属層を容易に残存させることができる。よって、前記傾斜面に選択的に金属膜を容易に形成させることができる。

40

【0021】

また、前記コア部形成工程が、基板上に形成されたクラッド層の表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成するコア材料層形成工程と、前記コア材料層を選択露光し、さらに現像することによって、所定の形状のコア部を形成するコア部形成工程とを備えることが好ましい。

【0022】

このような構成によれば、コア部を容易に形成でき、よって、所定の角度をなす傾斜面

50

に選択的に金属膜が形成された光導波路コアをより効率的に製造することができる。

【0023】

また、前記コア部形成工程が、基板上に形成されたクラッド層の表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成するコア材料層形成工程と、前記コア材料層を選択露光することによって、前記感光性材料が硬化した硬化部とそれ以外の未硬化部とを有するコア部を形成する露光工程とを備え、前記凹部形成工程が、前記傾斜面が前記硬化部に、前記垂直面が前記未硬化部に形成されるように、前記凹部を形成する工程であり、前記金属層除去工程が、前記凹部が形成されたコア部を現像することによって、前記垂直面上の金属層を除去し、前記傾斜面上の金属層を残存させる工程であることが好ましい。

【0024】

このような構成によれば、コア部を現像する際に、前記垂直面上の金属層を除去することができるので、前記傾斜面上に金属層を容易に残存させることができる。よって、前記傾斜面に選択的に金属膜を容易に形成させることができる。

【0025】

さらに、前記垂直面上の金属層の選択的な除去が、コア部の現像によって行うことができるので、所定の角度をなす傾斜面に選択的に金属膜が形成された光導波路コアをより効率的に製造することができる。

【0026】

以上より、所定の角度をなす傾斜面を有する光導波路コアをより効率的に製造することができ、前記傾斜面に選択的に金属膜をより容易に形成させることができる。

【0027】

また、前記感光性材料が、エネルギー線が照射された部分の、前記現像で用いる液体に対する溶解性が変化する材料であることが好ましい。このような構成によれば、エネルギー線が照射された部分だけ、前記現像で用いる液体に対する溶解性が低くなったり、高くなったりするので、所望の現像を容易に行うことができる。よって、所定の角度をなす傾斜面に選択的に金属膜が形成された光導波路コアをより効率的に製造することができる。

【0028】

また、前記金属層形成工程の前に、前記凹部が形成されたコア部の表面を粗化する粗化工程を備えることが好ましい。このような構成によれば、前記凹部の上に容易に金属層が形成される。よって、所定の角度をなす傾斜面に選択的に金属膜が形成された光導波路コアをより効率的に製造することができる。さらに、前記金属層が前記傾斜面から剥離しにくくなる。

【0029】

また、前記金属層形成工程の前に、前記凹部が形成されたコア部の表面をカップリング剤で処理するカップリング処理工程を備えることが好ましい。このような構成によれば、前記凹部の上に容易に金属層が形成される。よって、所定の角度をなす傾斜面に選択的に金属膜が形成された光導波路コアをより効率的に製造することができる。さらに、前記金属層が前記傾斜面から剥離しにくくなる。

【0030】

また、本発明の他の一態様に係る光導波路の製造方法は、基板上に形成された第1クラッド層の表面に、コア部を形成するコア部形成工程と、前記コア部に、前記第1クラッド層に対して略垂直な垂直面と、前記垂直面と対向し、前記第1クラッド層の反対側から入射される光を前記コア部内に誘導又は前記コア部から出射される光を前記第1クラッド層の反対側に導出するように、光を反射させるための傾斜面とを有する凹部を形成する凹部形成工程と、前記凹部に金属層を形成する金属層形成工程と、前記垂直面に形成された金属層を選択的に除去することによって、少なくとも前記傾斜面上に金属層を残存させる金属層除去工程と、前記コア部を埋設するように第2クラッド層を形成するクラッド層形成工程とを備えることを特徴とする。

【0031】

このような構成によれば、光導波路コアを製造する際、第1クラッド層の表面に、コア

10

20

30

40

50

部を形成し、形成されたコア部に傾斜面を有する凹部を形成する。そして、コア部に形成された凹部に金属層を形成し、傾斜面に対向する垂直面に形成された金属層を選択的に除去することによって、所定の角度をなす傾斜面に選択的に金属膜が形成された光導波路コアを効率的に製造することができる。

【0032】

さらに、製造された光導波路コアを埋設するように、第2クラッド層を形成することにより、光導波路を形成することができる。その際、前記光導波路コアに入射される光や前記光導波路コアから出射された光が、前記基板を通過しないので、前記基板として、どのような基板であっても用いることができ、例えば、光導波路を形成しようとする基板をそのまま用いることができる。よって、仮基板を用い、その仮基板を剥離するという工程が不要になり、光導波路を効率的に製造することができる。

10

【0033】

以上より、所定の角度をなす傾斜面を有する光導波路を効率的に製造することができ、前記傾斜面に選択的に金属膜を形成させることができる。

【0034】

また、本発明の他の一態様に係る光導波路は、前記光導波路の製造方法によって得られたことを特徴とする。このような構成によれば、前記第1クラッド層の反対側（第2クラッド層側）から入射される光を前記コア部に誘導又は前記コア部から出射される光を前記第1クラッド層の反対側（第2クラッド層側）に導出するように、光を反射させることができる、所定の角度をなす傾斜面を有する光導波路コアを備えるので、光を入出力可能なものが得られる。さらに、前記傾斜面に選択的に金属層が形成されているので、前記傾斜面における光の反射効率が高いものが得られる。

20

【0035】

また、本発明の他の一態様に係る光電気複合配線板は、前記光導波路を備えることを特徴とする。このような構成によれば、前記所定の角度をなす傾斜面を有する光導波路コアを備え、光を入出力可能な光導波路を備える光電気複合配線板が得られる。よって、光導波路と電気回路とを備える光電気複合配線板が得られる。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、所定の角度をなす傾斜面を有する光導波路コアを効率的に製造することができ、前記傾斜面に選択的に金属膜を形成させることができる光導波路コアの製造方法を提供することができる。また、前記傾斜面を有する光導波路コアを備える光導波路の製造方法、前記光導波路の製造方法により製造された光導波路、及び前記光導波路を備える光電気複合配線板が提供される。

30

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の第1実施形態に係る光導波路コアを備える光導波路の製造方法を説明するための概略図である。

【図2】本発明の第2実施形態に係る光導波路コアを備える光導波路の製造方法を説明するための概略図である。

40

【図3】従来の光導波路の製造方法を説明するための概略図である。

【図4】実施例1における光導波路の製造方法を説明するための模式図である。

【図5】実施例2における光導波路の製造方法を説明するための模式図である。

【図6】実施例3における光導波路の製造方法を説明するための模式図である。

【図7】各実施例で用いるフォトリソマスクの形状を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明に係る実施形態について説明するが、本発明は、これらに限定されるものではない。

【0039】

50

本発明の一態様に係る光導波路コアの製造方法は、基板上に形成されたクラッド層の表面に、コア部を形成するコア部形成工程と、前記コア部に、前記クラッド層に対して略垂直な垂直面と、前記垂直面に対向し、前記クラッド層の反対側から入射される光を前記コア部内に誘導又は前記コア部から出射される光を前記クラッド層の反対側に導出するように、光を反射させるための傾斜面とを有する凹部を形成する凹部形成工程と、前記凹部に金属層を形成する金属層形成工程と、前記垂直面に形成された金属層を選択的に除去することによって、少なくとも前記傾斜面上に金属層を残存させる金属層除去工程とを備えることを特徴とする。

【0040】

[第1実施形態]

前記コア部形成工程が、基板上に形成されたクラッド層の表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成するコア材料層形成工程と、前記コア材料層を選択露光し、さらに現像することによって、所定の形状のコア部を形成するコア部形成工程とを備え、前記金属層除去工程が、前記垂直面上の金属層を、その外表面を基準として前記金属層の厚み分以上除去することによって、前記傾斜面上の金属層を残存させる工程である場合の実施形態について説明する。

【0041】

図1は、本発明の第1実施形態に係る光導波路コアを備える光導波路の製造方法を説明するための概略図である。図1(a)は、第1実施形態におけるコア部形成工程を説明するための概略断面図であり、図1(b)は、第1実施形態における凹部形成工程を説明するための概略断面図であり、図1(c)は、第1実施形態における金属層形成工程を説明するための概略断面図であり、図1(d)は、第1実施形態における金属層除去工程を説明するための概略断面図であり、図1(e)は、形成された光導波路を示す概略断面図である。

【0042】

本発明の第1実施形態に係る光導波路の製造方法としては、まず、図1(a)に示すように、第1クラッド層(下部クラッド層)12を備えた基板11の、前記第1クラッド層12上にコア部13を形成する。

【0043】

具体的には、まず、基板11の表面に第1クラッド層12を形成する。

【0044】

前記基板11としては、各種有機基板や無機基板が特に限定なく用いられる。有機基板の具体例としては、エポキシ基板、アクリル基板、ポリカーボネート基板、及びポリイミド基板等が挙げられる。また、無機基板としては、シリコン基板やガラス基板等が挙げられる。また、基板上に予め回路が形成されたプリント回路基板のようなものであってもよい。

【0045】

前記第1クラッド層12の形成方法としては、前記基板11の表面に、前記第1クラッド層12を形成するための所定の屈折率を有する硬化性樹脂材料からなる樹脂フィルムを貼り合せた後、硬化させる方法や、前記第1クラッド層12を形成するための液状の硬化性樹脂材料を塗布した後、硬化させる方法や、前記第1クラッド層12を形成するための硬化性樹脂材料のワニス塗布した後、硬化させる方法等が挙げられる。なお、前記第1クラッド層12を形成させる際には、密着性を高めるために、予め、前記基板11の表面にプラズマ処理等を施しておくことが好ましい。

【0046】

前記第1クラッド層12を形成するための硬化性樹脂材料としては、後に形成されるコア部13の材料よりも導波光の伝送波長における屈折率が低くなるようなものが用いられる。その伝送波長における屈折率としては、例えば、1.5~1.55程度のものが挙げられる。このような硬化性樹脂材料の種類としては、上記のような屈折率を有する、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、ポリイミド系樹脂等が挙げられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

前記第1クラッド層12の厚みは、特に限定されないが、例えば、5～15 $\mu$ m程度であることが好ましい。

## 【 0 0 4 8 】

前記第1クラッド層12を形成する具体的な方法としては、例えば、前記第1クラッド層12を形成するために樹脂フィルムを貼り合せた後、硬化させる方法や、前記第1クラッド層12を形成するための、液状の硬化性樹脂材料、又は、硬化性樹脂材料のワニスを塗布した後、硬化させる方法等が用いられる。

## 【 0 0 4 9 】

前記第1クラッド層12を形成するために樹脂フィルムを貼り合せた後、硬化させる具体的な方法としては、例えば、以下のような方法が用いられる。まず、前記基板11表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを重ねるように載置した後、加熱プレスにより貼り合わせる、又は、前記基板11表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを、透明性の接着剤により貼り合わせる。そして、貼り合せられた樹脂フィルムに光を照射すること、又は、加熱することにより硬化させる。

10

## 【 0 0 5 0 】

また、前記第1クラッド層12を形成するための、液状の硬化性樹脂材料、または、硬化性樹脂材料のワニスを塗布した後、硬化させる具体的な方法としては、例えば、以下のような方法が用いられる。まず、前記基板11表面に液状の硬化性樹脂材料又は硬化性樹脂材料のワニスを、スピンコート法、バーコート法、又は、ディップコート法等を用いて塗布させる。そして、塗布された液状の硬化性樹脂材料又は硬化性樹脂材料のワニスに光を照射すること、又は、加熱することにより硬化させる。

20

## 【 0 0 5 1 】

次に、形成された前記第1クラッド層12の外表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成する。

## 【 0 0 5 2 】

ここで、感光性材料とは、エネルギー線が照射された部分の、後述する現像で用いる液体に対する溶解性が変化する材料である。具体的には、例えば、エネルギー線を照射する前には、後述する現像で用いる液体に対して溶解しにくい、エネルギー線を照射した後は、溶解しやすくなる材料や、エネルギー線を照射する前には、後述する現像で用いる液体に対して溶解しやすいが、エネルギー線を照射した後は、溶解しにくくなる材料等が挙げられる。また、感光性材料とは、具体的には、例えば、感光性高分子材料等が挙げられる。また、エネルギー線とは、溶解性を変化させることができるものであれば、特に限定されないが、取扱の容易さ等から、紫外線が好ましく用いられる。感光性材料としては、一般的に、紫外線が照射された部分の、前記溶解性が変化する感光性高分子材料が好ましく用いられる。より具体的には、紫外線が照射された部分が硬化されて、後述する現像で用いる液体に対して溶解しにくくなる感光性高分子材料が好ましく用いられる。

30

## 【 0 0 5 3 】

前記コア材料層の形成方法としては、前記第1クラッド層12の外表面に、前記コア材料層を形成するための所定の屈折率を有する感光性高分子材料からなる樹脂フィルム（感光性フィルム）を貼り合わせる方法や、前記コア材料層を形成するための液状の感光性高分子材料を塗布する方法や、前記コア材料層3を形成するための感光性高分子材料のワニスを塗布した後、乾燥させる方法等が挙げられる。なお、前記コア材料層を形成させる際にも、前記第1クラッド層12の外表面を活性化させて密着性を高めるために、予め、プラズマ処理等を施しておくことが好ましい。

40

## 【 0 0 5 4 】

前記感光性高分子材料からなる樹脂フィルム（感光性フィルム）としては、半硬化状態の感光性高分子材料をポリエチレンテレフタレート（PET）フィルム等に塗布して得られるドライフィルム等が挙げられる。なお、このようなドライフィルムは、通常、保護フィルムにより保護されている。

50

## 【 0 0 5 5 】

前記コア材料層を形成するための感光性高分子材料としては、前記第1クラッド層12の材料よりも導波光の伝送波長における屈折率が高いものが用いられる。その伝送波長における屈折率としては、例えば、1.55～1.6程度のもものが挙げられる。

## 【 0 0 5 6 】

前記コア材料層を形成するための感光性高分子材料の種類としては、上記のような屈折率を有する、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、ポリイミド系樹脂等を樹脂成分とする感光性材料が挙げられる。これらの中でも特に、ビスフェノール型エポキシ樹脂が好ましく、前記コア材料層を形成するための感光性高分子材料としては、ビスフェノール型エポキシ樹脂と光カチオン硬化剤とを含有する樹脂組成物が、耐熱性の高い導波路が得られるために、プリント基板等と複合化することができる点から好ましい。なお、前記コア材料層と前記第1クラッド層12との接着性の観点から、前記コア材料層を形成するための感光性高分子材料は、前記第1クラッド層12を形成するための硬化性樹脂材料と同系統のものであることが好ましい。

10

## 【 0 0 5 7 】

前記コア材料層の厚みは、特に限定されないが、例えば、20～100μm程度であることが好ましい。

## 【 0 0 5 8 】

前記コア材料層を形成する具体的な方法としては、例えば、前記コア材料層を形成するために樹脂フィルムを貼り合わせる方法や、前記コア材料層を形成するための、液状の硬化性樹脂材料、又は、硬化性樹脂材料のワニス塗布する方法等が用いられる。

20

## 【 0 0 5 9 】

前記コア材料層を形成するために樹脂フィルムを貼り合わせる具体的な方法としては、例えば、前記第1クラッド層12の外表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを重ねるように載置した後、加熱プレスにより貼り合わせる、又は、前記第1クラッド層12の外表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを、透明性の接着剤により貼り合わせる。

## 【 0 0 6 0 】

また、前記コア材料層を形成するための液状の硬化性樹脂材料、又は、硬化性樹脂材料のワニス塗布する方法の具体的な方法としては、前記第1クラッド層12の外表面に液状の硬化性樹脂材料又は硬化性樹脂材料のワニスを、スピンコート法、バーコート法、又は、ディップコート法等を用いて塗布した後、必要に応じて乾燥させる。

30

## 【 0 0 6 1 】

前記コア材料層を露光して硬化等させる前に、前記コア材料層に熱処理を施してもよい。そうすることにより、前記コア材料層の表面の凹凸、気泡、ポイド等を消失させて平滑になる。熱処理温度は、前記コア材料層の表面の凹凸、気泡、ポイド等が消失して平滑になるような粘度になる温度が好ましく、前記コア材料層を形成する硬化性樹脂材料の種類によって適宜選択される。また、熱処理時間としては、10～30分間程度であることが、上記効果が十分に得られる点から好ましい。なお、熱処理の手段は特に限定されず、所定の温度に設定したオープン中で処理する方法やホットプレートで加熱する等の方法が用いられる。

40

## 【 0 0 6 2 】

次に、前記コア材料層に対して、フォトマスクを介して露光光を照射して、前記コア材料層に対して所定形状のパターン露光を行う。また、前記露光は、感光性材料を光により変質（硬化等）させる波長の光を必要な光量で露光する方法であれば、特に限定なく用いることができる。具体的には、例えば、前記露光光として、紫外線等のエネルギー線を用いる方法等が挙げられる。そして、取扱の容易さ等から、紫外線が好ましく用いられる。また、フォトマスクを前記コア材料層の表面に接触するように載置して露光するコンタクト露光や、前記コア材料層の外表面に接触しないように所定の間隔を保持した状態で露光する投影型露光等の、何れの露光方法を用いてもよい。

## 【 0 0 6 3 】

50

また、露光条件としては、感光性材料の種類に応じて適宜選択されるが、例えば、前記露光光として、365 nm程度の紫外光を用い、500 ~ 3500 mJ / cm<sup>2</sup>となるように露光する条件等が選ばれる。

【0064】

そして、前記露光後に、熱による後キュアを行うことも硬化を確実にする点から有効である。後キュアの条件としては、温度80 ~ 160 程度、時間20 ~ 120分間程度が好ましい。しかしながら、特にこの範囲に限られるものではなく、感光性材料によって最適化することが重要であることは言うまでもない。

【0065】

次に、現像処理を行うことにより、図1(a)に示すような、コア部13を形成する。

【0066】

前記現像処理としては、前記コア材料層の感光性材料がポジ型の場合には、露光されなかった部分、ネガ型の場合には、露光された部分を現像液で洗い流すことにより、不要な部分を除去する工程である。前記現像液としては、例えば、アセトンやイソプロピルアルコール、トルエン、エチレングリコール、又は、これらを所定割合で混合させたもの等が挙げられる。さらに、例えば、特開2007-292964号公報で開示されているような水系の現像液も好ましく用いられうる。現像方法としてはスプレーにより現像液を噴射する方法や超音波洗浄を利用する方法等が挙げられる。

【0067】

次に、図1(b)に示すように、刃先の一方の面が、刃の面方向に平行な面で、他方の面が、刃の面方向に対する角度が所定の角度、例えば、45°である面である刃14を用いて、前記コア部13を切り込んで、凹部15を形成する。すなわち、前記刃14を、前記コア部13に対して略垂直となるように回転させながら、前記コア部に垂下させる。その際、凹部15が、前記第1クラッド層12に対して略垂直な垂直面15aと、前記垂直面15aに対向し、前記第1クラッド層12の反対側から入射される光を前記コア部13内に誘導又は前記コア部13から出射される光を前記第1クラッド層12の反対側に導出するように、光を反射させるための傾斜面15bとを有する凹部15となるように、前記コア部13を切り込む。前記凹部15は、前記第1クラッド層12に平行な断面積が前記第1クラッド層12に近づくほど徐々に小さくなるように、前記傾斜面15bが形成している。なお、前記刃14は、円盤状の回転刃物であって、円周部に刃先があるもの、例えば、ダイシングブレード等が用いられる。また、凹部15の形状は、垂直面15aと前記傾斜面15bとが対向するように形成されたものであれば、特に限定されず、例えば、溝状である。

【0068】

前記コア部13を前記刃14で切り込む際、必要に応じて、前記基板11や前記刃14等を加熱することにより、前記コア部13を軟化させながら切り込んでよい。また、前記刃14の刃先が、前記第1クラッド層12に達するように切り込んで、達しないように切り込んでよい。

【0069】

次に、図1(c)に示すように、上記のようにして形成された凹部15に、金属層16を形成させる。金属層を形成させる方法としては、特に限定されず、公知の方法を用いることができる。具体的には、例えば、真空蒸着法等の蒸着法、スパッタ法、及びナノペースト法等が挙げられる。

【0070】

前記金属層16の厚みとしては、光を反射させることができれば、特に限定されず、例えば、1000 程度の厚み等が挙げられる。

【0071】

なお、前記傾斜面15bのみに金属層16を均一に形成することは困難である。このことは、特に前記凹部15が小さい場合に顕著である。そこで、前記傾斜面15b上には少なくとも金属層16が形成されるように、前記傾斜面15b上の金属層16bを形成し、

10

20

30

40

50

前記垂直面 15 a 上にも金属層 16 a が形成されていてもよい。そうすることによって、前記凹部 15 が小さくても、前記傾斜面 15 b 上に金属層 16 b を均一に形成することができる。そして、後述する金属層除去工程によって、前記垂直面 15 a 上の金属層 16 a を選択的に除去することができる。

【0072】

また、前記金属層 16 を形成させる前に、前記コア部 13 の表面に粗化処理を施してもよい。そうすることによって、前記金属層 16 が前記凹部 15 に形成されやすくなる。粗化処理方法としては、特に限定されない。具体的には、例えば、過マンガン酸処理液を用いたマイクロエッチング処理等の、マイクロエッチング処理等が挙げられる。

【0073】

また、前記金属層 16 を形成させる前に、前記コア部 13 の表面をカップリング剤で処理してもよい。そうすることによって、前記金属層 16 が前記凹部 15 に形成されやすくなる。前記カップリング剤での処理方法としては、特に限定されない。具体的には、例えば、前記コア部 13 の表面にカップリング剤を塗布した後に熱処理を施す方法等が挙げられる。また、前記カップリング剤としては、特に限定されず、公知のカップリング剤を用いることができる。具体的には、例えば、分子内にアミノ基を有するシランカップリング剤等が挙げられる。

【0074】

また、前記粗化処理及び前記カップリング剤での処理は、いずれか一方だけを行ってもよいし、両方行ってもよい。具体的には、前記粗化処理を施した後に、前記カップリング剤での処理を施してもよい。そうすることによって、前記金属層 16 が前記凹部 15 により形成されやすくなる。

【0075】

次に、図 1 (d) に示すように、前記刃 14 を用いて、前記垂直面 15 a 上の金属層 16 a を切り込んで、前記金属層 16 a を選択的に除去する。その際、前記刃 14 を、前記 16 a が除去されるように切り込んでいけばよく、前記コア部 13 も切り込まれていてもよい。すなわち、前記垂直面 15 a 上に形成された金属層 16 a を、その外表面を基準として前記金属層 16 a の厚み分以上除去するように、前記刃 14 の位置を調整して、切り込む。そうすることによって、前記傾斜面 15 b 上の金属層 16 b が残存し、前記垂直面 15 a 上の金属層 16 a が除去される。この残存した金属層 16 b が、前記第 1 クラッド層 12 の反対側から入射される光を前記コア部 13 内に誘導又は前記コア部 13 から出射された光を前記第 1 クラッド層 12 の反対側に導出するように、光を反射させるミラー（マイクロミラー）として働く。

【0076】

そして、最後に、図 1 (e) に示すように、上記のように形成されたコア部 13 を埋設するように、第 2 クラッド層（上部クラッド層）17 を形成することにより、光導波路 18 が形成される。

【0077】

前記第 2 クラッド層 17 の形成方法としては、前記コア部 13 を埋設するように、前記第 2 クラッド層 17 を形成するための液状の硬化性樹脂材料を塗布した後、光、熱等で硬化させる方法や、前記第 2 クラッド層 17 を形成するための硬化性樹脂材料のワニス塗布した後、光、熱等で硬化させる方法や、前記第 2 クラッド層 17 を形成するための硬化性樹脂材料からなる樹脂フィルムを貼り合せた後、光、熱等で硬化させる方法、等が挙げられる。

【0078】

前記第 2 クラッド層 17 を形成するための硬化性樹脂材料としては、前記コア部 13 の材料よりも導波光の伝送波長における屈折率が低くなるような硬化性樹脂材料であれば、特に限定なく用いられ、通常は、前記第 1 クラッド層 12 を形成した材料と同様の種類の硬化性樹脂材料が用いられる。

【0079】

10

20

30

40

50

また、前記第2クラッド層17の厚みとしては、特に限定されないが、前記コア部13の上に前記第1クラッド層12と同程度の厚みであることが好ましい。

【0080】

上記のような工程を経て、図1(e)に示すような光導波路18が形成される。なお、図1(e)中の矢符は、光導波路18に入射して出射される導波光の光路を示す。

【0081】

形成された光導波路18は、前記コア部13とこれを被覆するクラッド層(前記第1クラッド層12及び前記第2クラッド層17)によって形成されたものであり、前記コア部13はクラッド層よりも屈折率が高く、内部を伝搬する光を全反射によってコア内に閉じこめるものである。このような光導波路18は、主としてマルチモード導波路として形成される。前記光導波路18の前記コア部13のサイズは、例えば、20~100 $\mu\text{m}$ の矩形形状、コア部を含む層の厚みを除いた下部の第1クラッド層12及び上部の第2クラッド層17の厚みはそれぞれ5~15 $\mu\text{m}$ 、コア部とクラッド層との屈折率差は0.5~3%程度が適当であるがこれに限られるものではない。

10

【0082】

[第2実施形態]

次に、前記コア部形成工程が、基板上に形成されたクラッド層の表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成するコア材料層形成工程と、前記コア材料層を選択露光することによって、前記感光性材料が硬化した硬化部とそれ以外の未硬化部とを有するコア部を形成する露光工程とを備え、前記凹部形成工程が、前記傾斜面が前記硬化部に、前記垂直面が前記未硬化部に形成されるように、前記凹部を形成する工程であり、前記金属層除去工程が、前記凹部が形成されたコア部を現像することによって、前記垂直面上の金属層を除去し、前記傾斜面上の金属層を残存させる工程である場合の実施形態について説明する。本発明の第1実施形態である光導波路コアを備える光導波路の製造方法と対応する部分には、同一の参照符号を付し、重複部分については詳細な説明を省略する。

20

【0083】

図2は、本発明の第2実施形態に係る光導波路コアを備える光導波路の製造方法を説明するための概略図である。図2(a)は、第2実施形態におけるコア部形成工程を説明するための概略断面図であり、図2(b)は、第2実施形態における凹部形成工程を説明するための概略断面図であり、図2(c)は、第2実施形態における金属層形成工程を説明するための概略図であり、図2(d)及び図2(e)は、第2実施形態における金属層除去工程を説明するための概略図であり、図2(f)は、形成された光導波路を示す概略断面図である。

30

【0084】

本発明の第2実施形態に係る光導波路の製造方法としては、まず、図2(a)に示すように、第1クラッド層(下部クラッド層)12を備えた基板11の、前記第1クラッド層12上にコア部13を形成する。その際、前記コア部13として、硬化部13aと未硬化部13bとを形成する。

【0085】

具体的には、まず、第1実施形態と同様、基板11の表面に第1クラッド層12を形成する。

40

【0086】

次に、第1実施形態と同様、形成された前記第1クラッド層12の外表面に、感光性材料からなるコア材料層を形成する。

【0087】

次に、前記コア材料層に対して、フォトマスクを介して露光光を照射して、前記コア材料層に対して所定形状のパターン露光を行う。そうすることによって、図2(a)に示すように、硬化部13aと未硬化部13bとを有するコア部13が形成される。具体的には、例えば、前記コア材料層の感光性材料がポジ型の場合には、露光された部分が硬化部13aとなり、露光されなかった部分が未硬化部13bとなるようなコア部13が形成され

50

る。また、前記コア材料層の感光性材料がネガ型の場合には、露光された部分が未硬化部 13b となり、露光されなかった部分が硬化部 13a となるようなコア部 13 が形成される。

【0088】

また、前記露光は、感光性材料を光により変質（硬化等）させうる波長の光を必要な光量で露光する方法であれば、特に限定なく用いることができる。具体的には、例えば、第 1 実施形態と同様の方法を用いることができる。

【0089】

また、露光条件としては、感光性材料の種類に応じて適宜選択されるが、例えば、第 1 実施形態と同様の条件が選ばれる。

10

【0090】

そして、第 1 実施形態と同様、前記露光後に、熱による後キュアを行うことも硬化を確実にする点から有効である。後キュアの条件としては、例えば、第 1 実施形態と同様の条件が選ばれる。

【0091】

次に、図 2 (b) に示すように、刃先の一方の面が、刃の面方向に平行な面で、他方の面が、刃の面方向に対する角度が所定の角度、例えば、45°である面である刃 14 を用いて、前記コア部 13 を切り込んで、凹部 15 を形成する。すなわち、前記刃 14 を、前記コア部 13 に対して略垂直となるように回転させながら、前記コア部に垂下させる。その際、凹部 15 が、前記第 1 クラッド層 12 に対して略垂直な垂直面 15a と、前記垂直面 15a に対向し、前記第 1 クラッド層 12 の反対側から入射される光を前記コア部 13 内に誘導又は前記コア部 13 から出射される光を前記第 1 クラッド層 12 の反対側に導出するように、光を反射させるための傾斜面 15b とを有する凹部 15 となるように、前記コア部 13 を切り込む。さらに、前記垂直面 15a が未硬化部 13b に、前記傾斜面 15b が硬化部 13a に形成されるように、前記コア部 13 を切り込む。前記凹部 15 は、前記第 1 クラッド層 12 に平行な断面積が前記第 1 クラッド層 12 に近づくほど徐々に小さくなるように、前記傾斜面 15b が形成している。なお、凹部 15 の形状は、垂直面 15a と前記傾斜面 15b とが対向するように形成されたものであれば、特に限定されず、例えば、溝状である。

20

【0092】

前記コア部 13 を前記刃 14 で切り込む際、必要に応じて、前記基板 11 や前記刃 14 等を加熱することにより、前記コア部を軟化させながら切り込んでもよい。また、前記刃 14 の刃先が、前記第 1 クラッド層 12 に達するように切り込んでも、達しないように切り込んでもよい。

30

【0093】

次に、図 2 (c) に示すように、上記のようにして形成された凹部 15 に、金属層 16 を形成させる。金属層を形成させる方法としては、特に限定されず、例えば、第 1 実施形態と同様の方法を用いることができる。

【0094】

前記金属層 16 の厚みとしては、光を反射させることができれば、特に限定されず、例えば、第 1 実施形態と同様の厚みであればよい。

40

【0095】

なお、前記傾斜面 15b のみに金属層 16 を均一に形成することは、第 1 実施形態と同様、困難である。そこで、本実施形態においては、第 1 実施形態と同様、前記凹部 15 が小さくても、前記傾斜面 15b 上に金属層 16b を均一に形成することができる。

【0096】

また、前記金属層 16 が前記凹部 15 に形成されやすくするために、第 1 実施形態と同様、前記金属層 16 を形成させる前に、前記コア部 13 の表面に粗化处理を施してもよいし、前記コア部 13 の表面をカップリング剤で処理してもよい。また、前記粗化处理及び前記カップリング剤での処理は、第 1 実施形態と同様、いずれか一方だけを行ってもよい

50

し、両方行ってもよい。粗化処理方法及びカップリング剤での処理方法としては、特に限定されない。具体的には、例えば、第1実施形態と同様の方法を用いることができる。

【0097】

次に、図2(d)に示すように、現像処理を行う。そうすることによって、図2(e)に示すような、コア部13を形成する。

【0098】

前記現像処理としては、第1実施形態と同様の方法を用いることができる。具体的には、例えば、図2(d)に示すように、基板11を含めた全体を、現像液21に浸漬させる方法等が挙げられる。

【0099】

前記のような現像処理を施すことによって、前記未硬化部13bが除去されるとともに、前記未硬化部13b上の金属層16a、すなわち、垂直面15a上の金属層16aが選択的に除去される。そうすることによって、前記傾斜面15b上の金属層16bが残存し、前記垂直面15a上の金属層16aが除去される。この残存した金属層16bが、前記第1クラッド層12の反対側から入射される光を前記コア部13内に誘導又は前記コア部13から出射された光を前記第1クラッド層12の反対側に導出するように、光を反射させるミラー(マイクロミラー)として働く。

【0100】

そして、最後に、図2(f)に示すように、第1実施形態と同様、上記のように形成されたコア部13を埋設するように、第2クラッド層(上部クラッド層)17を形成することにより、光導波路18が形成される。

【0101】

上記のような工程を経て、図2(f)に示すような光導波路18が形成される。なお、図2(f)中の矢符は、光導波路18に入射して出射される導波光の光路を示す。

【0102】

形成された光導波路18は、前記コア部13とこれを被覆するクラッド層(前記第1クラッド層12及び前記第2クラッド層17)によって形成されたものであり、前記コア部13はクラッド層よりも屈折率が高く、内部を伝搬する光を全反射によってコア内に閉じこめるものである。このような光導波路18は、主としてマルチモード導波路として形成される。前記光導波路18の前記コア部13のサイズは、例えば、20~100 $\mu\text{m}$ の矩形形状、コア部を含む層の厚みを除いた下部の第1クラッド層12及び上部の第2クラッド層17の厚みはそれぞれ5~15 $\mu\text{m}$ 、コア部とクラッド層との屈折率差は0.5~3%程度が適当であるがこれに限られるものではない。

【0103】

また、上記第1実施形態及び第2実施形態における光導波路を、電気回路が予め形成された基板上に形成させることによって、光電気複合配線板が得られる。具体的には、例えば、基板11として、電気回路が予め形成された基板を用いること等によって、形成される。

【0104】

次に、本発明に係る上記実施形態と比較するため比較用の実施形態として、光導波路コアを形成する工程と、前記光導波路コアを回転刃等により加工することにより、前記光導波路コアに傾斜面を形成する工程と、前記傾斜面の反射効率を向上させるために、前記傾斜端上に金属層を形成する工程とを備える、従来の光導波路の製造方法について説明する。

【0105】

図3は、従来の光導波路の製造方法を説明するための概略図である。図3(a)は、従来の光導波路の製造方法における、仮基板上に形成された第1クラッド層の表面へのコア部の形成を説明するための概略断面図であり、図3(b)は、従来の光導波路の製造方法における、傾斜面の形成を説明するための概略断面図であり、図3(c)は、従来の光導波路の製造方法における、金属層の形成を説明するための概略図であり、図3(d)は、

10

20

30

40

50

従来の光導波路の製造方法における、第2クラッド層の形成を説明するための概略図であり、図3(e)は、基板の貼り付けを説明するための概略図であり、図3(f)は、仮基板の剥離を説明するための概略図である。

【0106】

まず、図3(a)に示すように、第1クラッド層(下部クラッド層)32を備えた仮基板31の、前記第1クラッド層32上にコア部33を形成する。基板11の代わりに、仮基板31を用いること以外、第1実施形態と同様に行うことができる。

【0107】

次に、図3(b)に示すように、コア部33を回転刃34により加工することにより、前記コア部33に傾斜面33aを形成する。その際、傾斜面33aが、前記第1クラッド層33側から入射される光を前記コア部33内に誘導又は前記コア部33から出射される光を前記第1クラッド層32側に導出するような傾斜面である。

10

【0108】

次に、図3(c)に示すように、上記のようにして形成された傾斜面33aに、金属層36を形成させる。

【0109】

次に、図3(d)に示すように、第1実施形態と同様、上記のように形成されたコア部33を埋設するように、第2クラッド層(上部クラッド層)37を形成する。

【0110】

次に、図3(e)に示すように、第2クラッド層(上部クラッド層)37上に、基板38を貼着する。

20

【0111】

そして、最後に、図3(f)に示すように、仮基板31を剥離する。

【0112】

上記のような工程を経て、図3(f)に示すような光導波路39が形成される。なお、図3(f)中の矢符は、光導波路39に入射して出射される導波光の光路を示す。

【0113】

このような製造方法によれば、導波光が前記第1クラッド層32を通過することになるので、仮基板31を剥離したり、本来、光導波路を形成しようとしていた基板を貼り付ける必要がある。これに対して、本実施形態に係る光導波路コアの製造方法によれば、これらの工程が不要となり、製造効率が高まる。

30

【0114】

以上のことから、本実施形態に係る光導波路コアの製造方法によれば、所定の角度をなす傾斜面を有する光導波路コアを効率的に製造することができ、前記傾斜面に選択的に金属膜を形成させることができる光導波路コアの製造方法を提供することができる。

【0115】

以下、本発明を実施例によりさらに具体的に説明する。なお、本発明の範囲は実施例により何ら限定されるものではない。

【実施例】

【0116】

はじめに、本実施例で用いた光硬化性樹脂シートの製造方法について説明する。

40

【0117】

(下部クラッド層用光硬化性樹脂シートAの製造)

ポリプロピレングリコールグリシジルエーテル(東都化成(株)製「PG207」)7質量部、液状の水添ビスフェノールA型エポキシ樹脂(ジャパンエポキシレジン(株)製「YX8000」)25質量部、固形の水添ビスフェノールA型エポキシ樹脂(ジャパンエポキシレジン(株)製「YL7170」)20質量部、2,2-ビス(ヒドロキシメチル)-1-ブタノールの1,2-エポキシ-4-(2-オキシラニル)シクロヘキサン付加物(ダイセル化学工業(株)製「EHPE3150」)8質量部、固形ビスフェノールA型エポキシ樹脂(ジャパンエポキシレジン(株)製「エピコート1006FS」)2質

50

量部、フェノキシ樹脂（東都化成（株）製「YP50」）20質量部、光カチオン硬化開始剤（（株）アデカ製「SP170」）0.5質量部、熱カチオン硬化開始剤（三新化学工業（株）製「SI-150L」）0.5質量部、表面調整剤（DIC（株）製「F470」）0.1質量部の各配合成分を、トルエン30質量部、MEK70質量部の溶剤に溶解し、孔径1 $\mu$ mのメンブランフィルタで濾過した後、減圧脱泡することによって、エポキシ樹脂ワニスを調製した。このエポキシ樹脂ワニスを厚み50 $\mu$ mのPETフィルムの上にパーコーターで塗工し、80 $^{\circ}$ Cで10分間、1次乾燥をしたあと、120 $^{\circ}$ Cで10分間、2次乾燥をした。最後に保護フィルムとして35 $\mu$ mのOPPフィルムで被覆した。このようにして得られた下部クラッド用光硬化性樹脂シートAは、膜厚15 $\mu$ mであり、波長579nmの光に対する屈折率は1.54であった。

10

## 【0118】

（コア部用光硬化性樹脂シートBの製造）

液状ビスフェノールA型エポキシ樹脂（DIC（株）製「エピクロン850S」）42質量部、固形ビスフェノールA型エポキシ樹脂（ジャパンエポキシレジン（株）製「エピコート1006FS」）55質量部、フェノキシ樹脂（東都化成（株）製「YP50」）3質量部、光カチオン硬化開始剤（（株）アデカ製「SP170」）1質量部、表面調整剤（DIC（株）製「F470」）0.1質量部の各配合成分を、トルエン24質量部、MEK56質量部の溶剤に溶解し、孔径1 $\mu$ mのメンブランフィルタで濾過した後、減圧脱泡することによって、エポキシ樹脂ワニスを調製した。このエポキシ樹脂ワニスを上述した「光硬化性樹脂シートAの製造」と同様にしてフィルム化した。このようにして得られたコア部用光硬化性樹脂シートBは、膜厚40 $\mu$ mであり、波長579nmの光に対する屈折率は1.59であった。また、850nmにおける透過率は0.06dB/cmと十分に高い透明性を有していた。

20

## 【0119】

（上部クラッド層用光硬化性樹脂シートCの製造）

エポキシ樹脂ワニスの塗布厚みを変えた以外は、「光硬化性樹脂シートAの製造」と同様にしてフィルム化することにより上部クラッド用光硬化性樹脂シートCを得た。このようにして得られた光硬化性樹脂シートCは、膜厚55 $\mu$ mであり、波長579nmの光に対する屈折率は1.54であった。

30

## 【0120】

（実施例1）

実施例1は、第1実施形態に係る実施例である。図4を参照して光導波路を製造する方法について説明する。なお、図4は、実施例1における光導波路の製造方法を説明するための模式図である。

## 【0121】

図4(a)に示すような、140mm $\times$ 120mmのUV透過性ポリカーボネート樹脂からなる基板11に、下部クラッド層用光硬化性樹脂シートAを真空ラミネーター「V-130」で60 $^{\circ}$ C、0.2MPaの条件でラミネートした。そして、光硬化性樹脂シートAの表面を超高圧水銀灯で2J/cm<sup>2</sup>の条件で紫外光を照射し、さらに150 $^{\circ}$ Cで30分間熱処理することにより、図4(b)に示すような、第1クラッド層（下部クラッド層）12が形成された。そして、形成された下部クラッド層12の表面に酸素プラズマ処理を施した。

40

## 【0122】

次に、図4(c)に示すように、下部クラッド層12の表面に、コア部用光硬化性樹脂シートBを真空ラミネーター「V-130」で60 $^{\circ}$ C、0.2MPaの条件でラミネートすることにより、コア材料層41を形成した。

## 【0123】

そして、図4(d)に示すように、直線パターンのスリットを有するフォトマスク42を、フォトマスク42のアライメントマークとコア材料層41の表面に形成したアライメントマークとを重ね合わせるにより位置決めを行って載置した。その後、照射光が略

50

平行光になるように調整された超高圧水銀灯で  $3 \text{ J} / \text{cm}^2$  の光量で紫外光をコア材料層 41 のスリットに対応する部分を光硬化させた。そうすることによって、図 4 ( e ) に示すように、光硬化させた部分 ( 硬化部 ) 13 a と未硬化部 13 b とが形成される。その際、前記フォトマスク 42 としては、図 7 ( a ) に示すような、所定の幅  $W$ 、所定の長さ  $L$  の直線パターンのスリットの長手方向が平行に複数並んだ形状のものを用いた。幅  $W$  及び長さ  $L$  は、 $40 \mu\text{m}$ 、 $120 \text{mm}$  であった。なお、図 7 は、各実施例で用いるフォトマスクの形状を説明するための模式図であり、図 7 ( a ) は、実施例 1 で用いるフォトマスクの形状を説明するための模式図である。図 7 には、丸印で示した箇所を拡大した図面も併記した。

#### 【 0 1 2 4 】

次に、140 で 2 分間熱処理を行ない、さらに、図 4 ( e ) に示すように、現像液 43 として 55 に調整した水系フラックス洗浄剤 ( 荒川化学工業 ( 株 ) 製「パインアルファ ST - 100 SX」) を用い、その現像液 43 に浸漬させる現像処理することによって、未硬化部 13 b を溶解除去した。そして、さらに水で仕上げ洗浄してエアブローした後、100 で 10 分間乾燥することによって、図 4 ( f ) に示すようなコア部 13 を形成した。

#### 【 0 1 2 5 】

次に、図 4 ( g ) に示すように、刃先の一方の面が、刃の面方向に平行な面で、他方の面が、刃の面方向に対する角度が  $45^\circ$  である面である刃 ( ダイシングブレード ) 14 を用い、回転数  $15000 \text{rpm}$  でコア部の両端部から  $110 \text{mm}$  の位置を、2カ所切り込んだ。そうすることによって、 $45^\circ$  傾斜面 15 b を有する凹部 15 が形成された。ダイシングブレード 14 としては、粒度  $5000$  番のものを用いた。

#### 【 0 1 2 6 】

次に、図 4 ( h ) に示すように、凹部 15 が形成された領域のみが開口されたメタルマスク 44 でマスクングして、真空蒸着することによって、図 4 ( i ) に示すように、凹部 15 の表面に  $1000$  厚の金からなる金属層 16 を形成した。その後、図 4 ( j ) に示すように、前記刃 14 を用い、回転数  $15000 \text{rpm}$  で、前記垂直面 15 a 上に形成された金属層 16 a を、その外表面を基準として、 $10 \mu\text{m}$  除去するように、前記刃 14 の位置を調整して、切り込んだ。そうすることによって、図 4 ( j ) に示すように、前記金属層 16 a を選択的に除去し、前記傾斜面 15 b 上の金属層 16 b を残存させた。この残存した金属層 16 b が、前記第 1 クラッド層 12 の反対側から入射される光を前記コア部 13 内に誘導又は前記コア部 13 から出射された光を前記第 1 クラッド層 12 の反対側に導出するように、光を反射させるミラー ( ミクロミラー ) として働く。

#### 【 0 1 2 7 】

次に、図 4 ( k ) に示すように、下部クラッド層 12 及びコア部 13 を被覆するようにして、上部クラッド層用光硬化性樹脂シート C を真空ラミネーター「V - 130」で  $80$ 、 $0.3 \text{MPa}$  の条件でラミネートした。

#### 【 0 1 2 8 】

そして、その後、超高圧水銀灯で  $2 \text{ J} / \text{cm}^2$  の光量で露光し、さらに  $150$  30 分間熱処理することにより、第 2 クラッド層 ( 上部クラッド層 ) 17 を形成した。そうすることによって、図 4 ( l ) に示すように、下部クラッド層 12 とコア部 13 と上部クラッド層 17 とからなる光導波路 18 が形成された。なお、図 4 ( l ) 中の矢符は、光導波路 18 に入射して出射される導波光の光路を示す。

#### 【 0 1 2 9 】

形成された光導波路について、以下に示す評価を行った。

#### 【 0 1 3 0 】

( 導波路損失測定 )

入力側端部、具体的には、一方のミラーが形成されている位置の、第 2 クラッド層に対して垂直の方向の、第 2 クラッド層の表面、( 又は、光導波路の端部が露出している場合は、そのコア部の一方の端面 ) に、コア径  $10 \mu\text{m}$  の  $\text{NA} 0.21$  の光ファイバの端部を

10

20

30

40

50

、マッチングオイル（シリコンオイル）を介して、接続した。そして、出力側端部、具体的には、他方のミラーが形成されている位置の、第2クラッド層に対して垂直の方向の、第2クラッド層の表面、（又は、光導波路の端部が露出している場合は、そのコア部の他方の端面）に、コア径200 $\mu$ mのNA0.4の光ファイバの端部を、マッチングオイルを介して、接続した。LED光源からの光を、入力側端部に接続された光ファイバを介して、光導波路18に入射させた。そして、光導波路18からの出射光を、出力側端部に接続された光ファイバを介してパワーメータに入射させ、その出射光の光量P1を測定した。

【0131】

一方、入力側端部に接続された光ファイバと出力側端部に接続された光ファイバとを光導波路18を介さずに直接接続した場合における、出力側端部に接続された光ファイバからの出射光の光量P0を、上記と同様、測定した。

【0132】

そして、下記式(1)により、光導波路の挿入損失L1を求め、この挿入損失L1を導波路損失とした。

【0133】

$$L1 = -10 \log(P1/P0) \quad (1)$$

実施例1で得られた光導波路について、上記評価を行うと、導波路損失が3.0dBであった。なお、一方のミラーと他方のミラーとの間隔は、11cmであった。

【0134】

以上より、本実施例によれば、光導波路を形成する際に、ミラー用の傾斜端面が同時に形成でき、すなわち、光導波路を形成するための工程とは別の工程を用いることなく、損失の小さい、傾斜面を有する光導波路を形成できることがわかった。

【0135】

（実施例2）

実施例2は、第2実施形態に係る実施例である。図5を参照して光導波路を製造する方法について説明する。なお、図5は、実施例2における光導波路の製造方法を説明するための模式図である。

【0136】

図5(a)に示すような、140mm $\times$ 120mmのUV透過性ポリカーボネート樹脂からなる基板11に、下部クラッド層用光硬化性樹脂シートAを真空ラミネーター「V-130」で60、0.2MPaの条件でラミネートした。そして、光硬化性樹脂シートAの表面を超高圧水銀灯で2J/cm<sup>2</sup>の条件で紫外光を照射し、さらに150で30分間熱処理することにより、図5(b)に示すような、第1クラッド層（下部クラッド層）12が形成された。そして、形成された下部クラッド層12の表面に酸素プラズマ処理を施した。

【0137】

次に、図5(c)に示すように、下部クラッド層12の表面に、コア部用光硬化性樹脂シートBを真空ラミネーター「V-130」で60、0.2MPaの条件でラミネートすることにより、コア材料層41を形成した。

【0138】

そして、図5(d)に示すように、フォトマスク51を、フォトマスク51のアライメントマークとコア材料層41の表面に形成したアライメントマークとを重ね合わせるにより位置決めを行って載置した。その後、照射光が略平行光になるように調整された超高圧水銀灯で3J/cm<sup>2</sup>の光量で紫外光をコア材料層41のスリットに対応する部分を光硬化させた。そうすることによって、図5(e)に示すように、光硬化させた部分（硬化部）13aと未硬化部13bとが形成される。その際、前記フォトマスク51としては、図7(b)に示すような、所定の幅W1、所定の長さL1の直線パターンのスリットの長手方向が平行に複数並び、前記スリットの両端部から所定の位置に、スリットを埋めている箇所（幅W2）が2カ所形成されている形状のものを用いた。幅W1、幅W2及び長

10

20

30

40

50

さL1は、40 $\mu$ m、40 $\mu$ m、120mmであった。そして、スリットを埋めている箇所の間隔L2は、109.9mmであった。

【0139】

次に、140 で2分間熱処理を行なうことによって、図5(e)に示すような、硬化部13aと未硬化部13bとを有するコア部13を形成した。

【0140】

次に、図5(f)に示すように、刃先の一方の面が、刃の面方向に平行な面で、他方の面が、刃の面方向に対する角度が45°である面である刃(ダイシングブレード)14を用い、回転数15000rpmでコア部の両端部から110mmの位置を、2カ所切り込んだ。そうすることによって、図5(g)に示すように、前記第1クラッド層12に略垂直な垂直面15aと、45°傾斜面15bとを有する凹部15が形成された。ダイシングブレード14としては、粒度5000番のものを用いた。このとき、前記傾斜面15bに対向する、前記第1クラッド層12に略垂直な垂直面15aが未硬化部13bに、前記傾斜面15bが硬化部13aに形成されるように、前記コア部13を切り込むように、前記刃14の位置を調整した。

【0141】

次に、図5(h)に示すように、凹部15が形成された領域のみが開口されたメタルマスク44でマスキングして、真空蒸着することによって、図5(i)に示すように、凹部15の表面に1000 厚の金からなる金属層16を形成した。

【0142】

その後、図5(j)に示すように、現像液52として55 に調整した水系フラックス洗浄剤(荒川化学工業(株)製「パインアルファST-100SX」)を用い、その現像液52に浸漬させる現像処理することによって、未硬化部13bを溶解除去されるとともに、前記未硬化部13b上の金属層16、すなわち、垂直面15a上の金属層16aが選択的に除去された。そして、さらに水で仕上げ洗浄してエアブローした後、100 で10分間乾燥することによって、図5(k)に示すような、金属層16bが傾斜面15bに形成されたコア部13が形成された。この残存した金属層16bが、前記第1クラッド層12の反対側から入射される光を前記コア部13内に誘導又は前記コア部13から出射された光を前記第1クラッド層12の反対側に導出するように、光を反射させるミラー(ミクロミラー)として働く。

【0143】

次に、図5(l)に示すように、下部クラッド層12及びコア部13を被覆するようにして、上部クラッド層用光硬化性樹脂シートCを真空ラミネーター「V-130」で80、0.3MPaの条件でラミネートした。

【0144】

そして、その後、超高圧水銀灯で2J/cm<sup>2</sup>の光量で露光し、さらに150 30分間熱処理することにより、第2クラッド層(上部クラッド層)17を形成した。そうすることによって、図5(m)に示すように、下部クラッド層12とコア部13と上部クラッド層17とからなる光導波路18が形成された。なお、図5(m)中の矢符は、光導波路18に入射して出射される導波光の光路を示す。

【0145】

実施例2で得られた光導波路について、上記評価を行うと、導波路損失が2.8dBであった。なお、一方のミラーと他方のミラーとの間隔は、11cmであった。

【0146】

以上より、本実施例によれば、光導波路を形成する際に、ミラー用の傾斜端面が同時に形成でき、すなわち、光導波路を形成するための工程とは別の工程を用いることなく、損失の小さい、傾斜端面を有する光導波路を形成できることがわかった。

【0147】

(実施例3)

実施例3は、第1実施形態に係る実施例であり、粗化処理及びカップリング剤による処

10

20

30

40

50

理を施した場合の実施例である。図6を参照して光導波路を製造する方法について説明する。なお、図6は、実施例3における光導波路の製造方法を説明するための模式図である。

【0148】

図6(a)に示すような、140mm×120mmのUV透過性ポリカーボネート樹脂からなる基板11に、下部クラッド層用光硬化性樹脂シートAを真空ラミネーター「V-130」で60℃、0.2MPaの条件でラミネートした。そして、光硬化性樹脂シートAの表面を超高圧水銀灯で2J/cm<sup>2</sup>の条件で紫外光を照射し、さらに150℃で30分間熱処理することにより、図6(b)に示すような、第1クラッド層(下部クラッド層)12が形成された。そして、形成された下部クラッド層12の表面に酸素プラズマ処理を施した。

10

【0149】

次に、図6(c)に示すように、下部クラッド層12の表面に、コア部用光硬化性樹脂シートBを真空ラミネーター「V-130」で60℃、0.2MPaの条件でラミネートすることにより、コア材料層41を形成した。

【0150】

そして、図6(d)に示すように、直線パターンのスリットを有するフォトマスク42を、フォトマスク42のアライメントマークとコア材料層41の表面に形成したアライメントマークとを重ね合わせるにより位置決めを行って載置した。その後、照射光が略平行光になるように調整された超高圧水銀灯で3J/cm<sup>2</sup>の光量で紫外光をコア材料層41のスリットに対応する部分を光硬化させた。そうすることによって、図6(e)に示すように、光硬化させた部分(硬化部)13aと未硬化部13bとが形成される。その際、前記フォトマスク42としては、図7(a)に示すような、所定の幅W、所定の長さLの直線パターンのスリットの長手方向が平行に複数並んだ形状のものを用いた。幅W及び長さLは、40μm、120mmであった。なお、図7は、各実施例で用いるフォトマスクの形状を説明するための模式図であり、図7(a)は、実施例1で用いるフォトマスクの形状を説明するための模式図である。図7には、丸印で示した箇所を拡大した図面も併記した。

20

【0151】

次に、140℃で2分間熱処理を行ない、さらに、図6(e)に示すように、現像液43として55℃に調整した水系フラックス洗浄剤(荒川化学工業(株)製「パインアルファST-100SX」)を用い、その現像液43に浸漬させる現像処理することによって、未硬化部13bを溶解除去した。そして、さらに水で仕上げ洗浄してエアブローした後、100℃で10分間乾燥することによって、図6(f)に示すようなコア部13を形成した。

30

【0152】

次に、図6(g)に示すように、刃先の一方の面が、刃の面方向に平行な面で、他方の面が、刃の面方向に対する角度が45°である面である刃(ダイシングブレード)14を用い、回転数15000rpmでコア部の両端部から110mmの位置を、2カ所切り込んだ。そうすることによって、45°傾斜面15bを有する凹部15が形成された。ダイシングブレード14としては、粒度5000番のものを用いた。

40

【0153】

次に、前記凹部15が形成された前記コア部13を備える基板11を、過マンガン酸処理液を用いたマイクロエッチング処理を施した。具体的には、まず、65℃に調整した膨潤液(アトテックジャパン製のスウェリングディップセキュリガントP 400ml/L、水酸化ナトリウム10g/L)に、3分間浸漬させた。そうすることによって、コア部13が膨潤した。その後、75℃に調整した過マンガン酸処理液(アトテックジャパン製のコンセントレートコンパクトCP 700ml/L、水酸化ナトリウム45g/L)に、10分間浸漬させた。そうすることによって、コア部13の表面に過マンガン酸処理液を用いたマイクロエッチング処理が施された。その後、40℃に調整した中和液(アトテ

50

ックジャパン製のリダクションソリューションセキュリティガント P 5 0 0 7 0 m l / L、9 8 % 硫酸 5 0 m l / L ) に、5 分間浸漬させた。そうすることによって、上記処理に用いた液が中和された。

【 0 1 5 4 】

次に、図 6 ( h ) に示すように、マイクロエッチング処理を施した前記コア部 1 3 に、1 質量 % のエタノール溶液としたカップリング剤 ( 信越シリコン社製の K B M 6 0 3 ) を、1 0 0 0 r p m / 3 0 秒の条件で、塗布した。その後、1 6 0 で 1 時間熱処理を行った。

【 0 1 5 5 】

次に、図 6 ( i ) に示すように、凹部 1 5 が形成された領域のみが開口されたメタルマスク 4 4 でマスクングして、真空蒸着することによって、図 6 ( j ) に示すように、凹部 1 5 の表面に 1 0 0 0 厚の金からなる金属層 1 6 を形成した。その後、図 6 ( k ) に示すように、前記刃 1 4 を用い、回転数 1 5 0 0 0 r p m で、前記垂直面 1 5 a 上に形成された金属層 1 6 a を、その外表面を基準として、1 0 μ m 除去するように、前記刃 1 4 の位置を調整して、切り込んだ。そうすることによって、図 6 ( k ) に示すように、前記金属層 1 6 a を選択的に除去し、前記傾斜面 1 5 b 上の金属層 1 6 b を残存させた。この残存した金属層 1 6 b が、前記第 1 クラッド層 1 2 の反対側から入射される光を前記コア部 1 3 内に誘導又は前記コア部 1 3 から出射された光を前記第 1 クラッド層 1 2 の反対側に導出するように、光を反射させるミラー ( ミクロミラー ) として働く。

【 0 1 5 6 】

次に、図 6 ( l ) に示すように、下部クラッド層 1 2 及びコア部 1 3 を被覆するようにして、上部クラッド層用光硬化性樹脂シート C を真空ラミネーター「 V - 1 3 0 」で 8 0 、 0 . 3 M P a の条件でラミネートした。

【 0 1 5 7 】

そして、その後、超高圧水銀灯で 2 J / c m <sup>2</sup> の光量で露光し、さらに 1 5 0 3 0 分間熱処理することにより、第 2 クラッド層 ( 上部クラッド層 ) 1 7 を形成した。そうすることによって、図 6 ( m ) に示すように、下部クラッド層 1 2 とコア部 1 3 と上部クラッド層 1 7 とからなる光導波路 1 8 が形成された。なお、図 6 ( m ) 中の矢符は、光導波路 1 8 に入射して出射される導波光の光路を示す。

【 0 1 5 8 】

実施例 3 で得られた光導波路について、上記評価を行うと、導波路損失が 3 . 0 d B であった。なお、一方のミラーと他方のミラーとの間隔は、1 1 c m であった。

【 0 1 5 9 】

以上より、本実施例によれば、光導波路を形成する際に、ミラー用の傾斜端面が同時に形成でき、すなわち、光導波路を形成するための工程とは別の工程を用いることなく、損失の小さい、傾斜端面を有する光導波路を形成できることがわかった。

【 符号の説明 】

【 0 1 6 0 】

- 1 1 基板
- 1 2 第 1 クラッド層 ( 下部クラッド層 )
- 1 3 コア部
- 1 3 a 硬化部
- 1 3 b 未硬化部
- 1 4 刃 ( ダイシングブレード )
- 1 5 凹部
- 1 5 a 垂直面
- 1 5 b 傾斜面
- 1 6 金属層
- 1 7 第 2 クラッド層 ( 上部クラッド層 )
- 1 8 光導波路

10

20

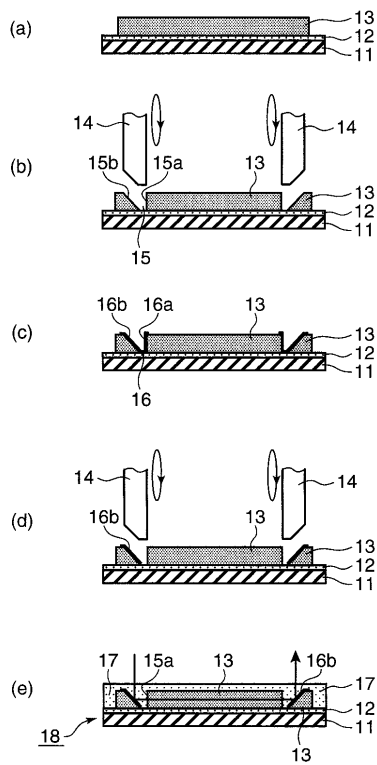
30

40

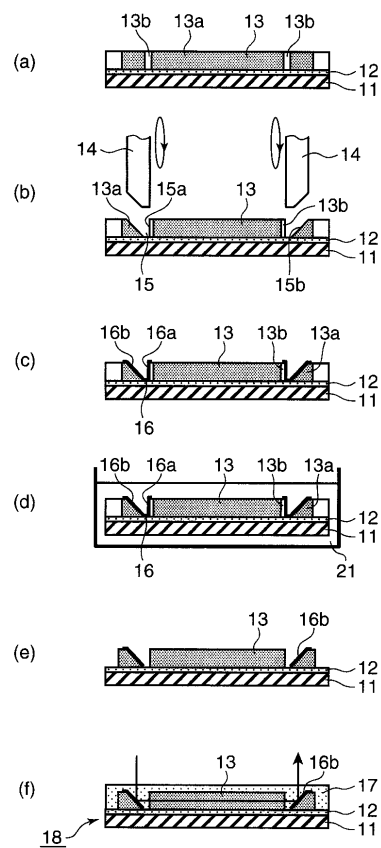
50

- 2 1 , 4 3 , 5 2 現像液
- 4 1 コア材料層
- 4 2 , 5 1 フォトマスク
- 4 4 メタルマスク

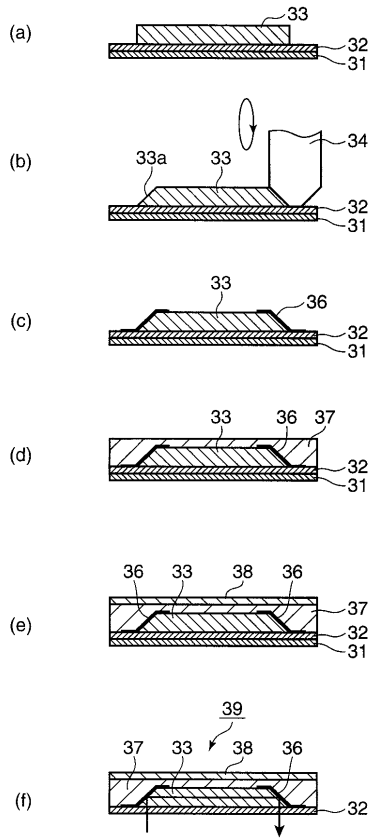
【 図 1 】



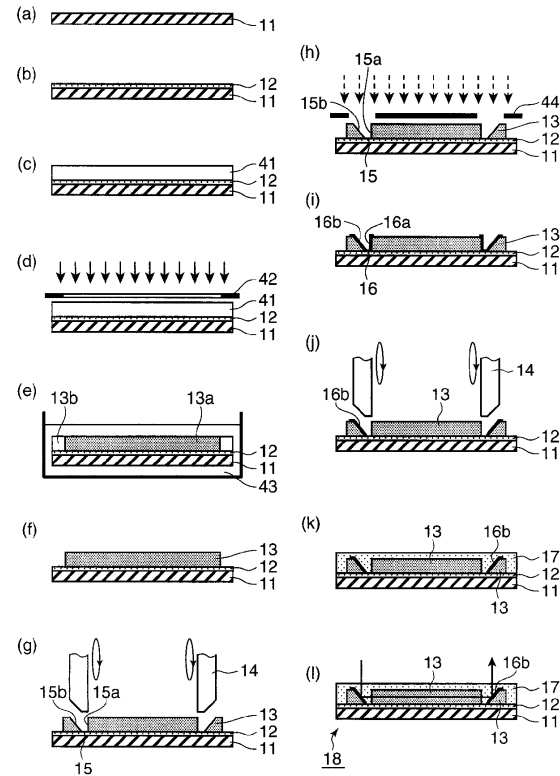
【 図 2 】



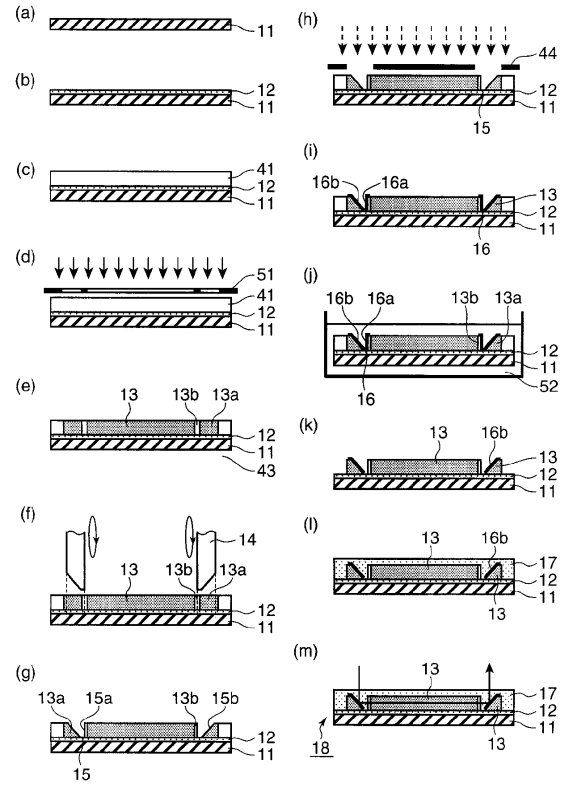
【 図 3 】



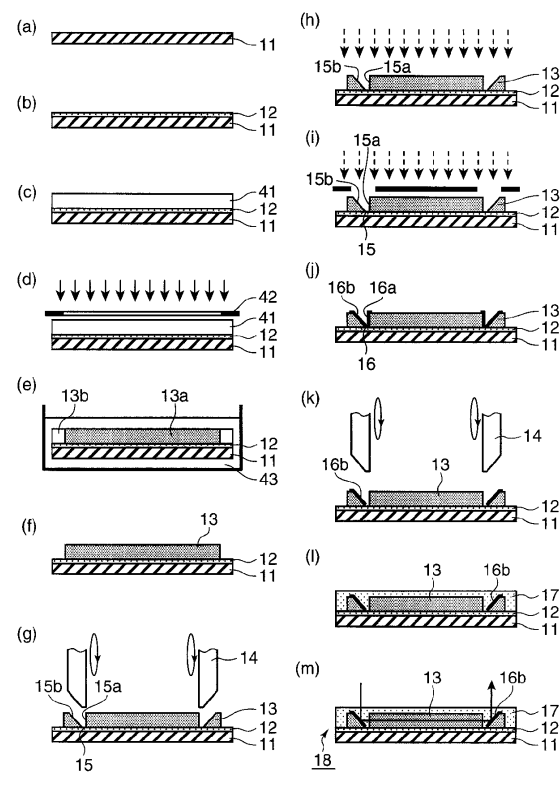
【 図 4 】



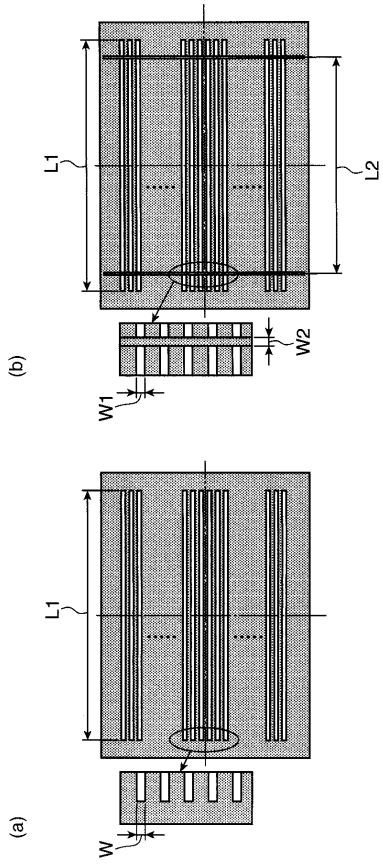
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 八代 潤子  
大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック電工株式会社内
- (72)発明者 橋本 眞治  
大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック電工株式会社内

審査官 林 祥恵

- (56)参考文献 特開2009-180861(JP,A)  
特開2006-140233(JP,A)  
特開2005-148129(JP,A)  
特開2007-264164(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 6/12 - 6/14  
G02B 6/42