

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5109982号
(P5109982)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 6/122 (2006.01)
G02B 6/13 (2006.01)G02B 6/12
G02B 6/12A
M

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2009-3381 (P2009-3381)
 (22) 出願日 平成21年1月9日 (2009.1.9)
 (65) 公開番号 特開2010-113325 (P2010-113325A)
 (43) 公開日 平成22年5月20日 (2010.5.20)
 審査請求日 平成23年4月15日 (2011.4.15)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-263042 (P2008-263042)
 (32) 優先日 平成20年10月9日 (2008.10.9)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000005120
 日立電線株式会社
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (74) 代理人 100137855
 弁理士 沖川 寛
 (72) 発明者 牛渡 剛真
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 日立電線株式会社内
 (72) 発明者 平野 光樹
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 日立電線株式会社内
 審査官 大石 敏弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ミラー付き光伝送体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光伝送方向に連続的に形成されている光伝送層の途中にその光伝送方向に対して傾斜させてダイシングにより切削加工することによって、粗面を有するV溝を形成する第1のステップと、

上記粗面に密着させて上記粗面を覆う未固化状態の反射補助層を形成する第2のステップと、

固形の部材からなり上記V溝の傾斜に対応する傾斜角の平滑面を有する整形部材を用い、上記整形部材の平滑面を未固化状態の上記反射補助層に押し付けて、上記反射補助層に上記光伝送層からの光が反射される反射補助層の平滑面を形成する第3のステップと、

未固化状態の上記反射補助層を固化する第4のステップと、

を有することを特徴とするミラー付き光伝送体の製造方法。

【請求項 2】

上記整形部材を固化された上記反射補助層から剥離させる第5のステップを有する、請求項1記載のミラー付き光伝送体の製造方法。

【請求項 3】

上記第3のステップにおいて、上記整形部材の平滑面にあらかじめ光反射膜を付着させておき、上記整形部材に付着された上記光反射膜を未固化状態の上記反射補助層に押し付けて、上記反射補助層の平滑面を形成し、

上記第4のステップにおいて、上記反射補助層を固化する際に、上記光反射膜が上記反

射補助層に接着され、

上記第5のステップにおいて、上記光反射膜は、上記整形部材から剥離されて、上記反射補助層の平滑面に接着された状態で残る、

請求項2記載のミラー付き光伝送体の製造方法。

【請求項4】

上記反射補助層は、熱硬化樹脂、光硬化樹脂、又は、熱可塑性樹脂からなる、

請求項1～3いずれかに記載のミラー付き光伝送体の製造方法。

【請求項5】

上記光反射膜は、金属膜、又は、多層膜からなる、

請求項3に記載のミラー付き光伝送体の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コスト、量産性、信頼性に優れたミラー付き光伝送体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、インターネットに代表される情報通信技術の発達や情報処理装置の処理速度の飛躍的向上などに伴って、画像等の大容量データを送受信するニーズが高まりつつある。これら大容量データの伝送速度として、10 G b p s 以上の伝送速度が望まれており、さらに、電磁ノイズの影響が小さいことが望まれている。このような高速通信において、光を用いた通信技術に大きな期待が寄せられている。このため、従来一般的であった金属ケーブルや金属配線を用いた電気伝送から光ファイバや光導波路等の光伝送媒体を用いた光伝送へ移行しつつある。

20

【0003】

光導波路を用いた光伝送では、実装時のコストメリットなどから、コアと平行な面上に光素子（面発光素子や面受光素子）が搭載された構造の光導波路が検討されている。

【0004】

このとき、コアと光素子とを光学的に結合するためには、光路を約90°変換する必要があり、これを実現する手段として光導波路にダイシングなどによりV溝を形成し、そのV溝によるコアの斜面にミラーを作製する手段がある。例えば、光導波路に形成した斜面には何も付けず、空気と光導波路材料（コア材料）の屈折率差による全反射を利用してミラーを形成したり、上記斜面に金などの金属を蒸着して金属膜を形成することによりミラーを形成したりする。

30

【0005】

光導波路の代わりに光ファイバを用いてもよく、基板に固定された光ファイバにダイシングなどによりV溝を形成し、そのV溝による光ファイバコアの斜面にミラーを作製することができる。以下、光導波路、光ファイバを総括して光伝送体と呼ぶ。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平10-300961号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、ダイシングなどにより作製したミラーには、表面に荒れ（凹凸）が有るため、反射効率が低下し、光の伝送損失が大きくなるという問題がある。特に、ダイシングの対象物が軟らかい材料であるとき、ダイシング面は荒れやすい。このため、フレキシブルな光導波路や光ファイバをダイシングで加工しようとすると、ダイシング面が顕著に荒れてしまう。

【0008】

50

一方、金属を蒸着する方法においては、光導波路のサイズが大きくなると蒸着釜に入る数が限られるのでコストがかかり、また、金属の蒸着が不要な部分はマスクが必要であるためコスト高になり、さらにマスキングの解像度に限界がある。

【0009】

また、蒸着で形成した金属膜と光導波路材料との接着性が悪く、剥がれやすいといった問題がある。

【0010】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、コスト、量産性、信頼性に優れたミラー付き光伝送体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】

10

【0011】

上記目的を達成するために本発明の要旨は、光伝送方向に連続的に形成されている光伝送層の途中にその光伝送方向に対して傾斜させてダイシングにより切削加工することによって、粗面を有するV溝を形成する第1のステップと、上記粗面に密着させて上記粗面を覆う未固化状態の反射補助層を形成する第2のステップと、固形の部材からなり上記V溝の傾斜に対応する傾斜角の平滑面を有する整形部材を用い、上記整形部材の平滑面を未固化状態の上記反射補助層に押し付けて、上記反射補助層に上記光伝送層からの光が反射される反射補助層の平滑面を形成する第3のステップと、未固化状態の上記反射補助層を固化する第4のステップと、を有することを特徴とするミラー付き光伝送体の製造方法である。

20

【発明の効果】

【0025】

本発明は次の如き優れた効果を発揮する。

【0026】

コスト、量産性、信頼性に優れたミラー付き光伝送体が製造できる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の一実施形態を示すミラー付き光伝送体の断面図である。

30

【図2】本発明の一実施形態を示すミラー付き光伝送体の断面図である。

【図3】本発明の一実施形態を示すミラー付き光伝送体の断面図である。

【図4】本発明の一実施形態を示すミラー付き光伝送体の断面図である。

【図5】本発明の一実施形態を示すミラー付き光伝送体の断面図である。

【図6】本発明の一実施形態を示すミラー付き光伝送体の断面図である。

【図7】図1のミラー付き光伝送体の製造方法を示す図であり、(a)は整形部材を用いる整形ステップ時の断面図、(b)は整形部材を剥離させる離型ステップ時の断面図である。

【図8】図2のミラー付き光伝送体の製造方法において整形部材を剥離させる離型ステップ時の断面図である。

【図9】図3のミラー付き光伝送体の製造方法を示す図であり、(a)は整形部材を用いる整形ステップ時の断面図、(b)は整形部材を剥離させる離型ステップ時の断面図である。

40

【図10】図4のミラー付き光伝送体の製造方法を示す図であり、(a)は整形部材を用いる整形ステップ時の断面図、(b)は整形部材を剥離させる離型ステップ時の断面図である。

【図11】図5のミラー付き光伝送体の製造方法を示す図であり、(a)は反射補助層を形成する層追加ステップ時の断面図、(b)は整形部材を用いる整形ステップ時の断面図、(c)は整形部材を剥離させる離型ステップ時の断面図である。

【図12】本発明の一実施形態を示す整形部材が剥離されないミラー付き光伝送体の断面図である。

50

【図13】V溝加工による粗面が形成された光伝送体の断面図である。

【図14】(a)は図13の光伝送体に反射補助層を形成する層追加ステップ時の断面図、(b)は整形部材を用いる整形ステップ時の断面図である。

【図15】図14(b)のステップ後に整形部材を剥離させる離型ステップ時の断面図である。

【図16】本発明のミラー付き光伝送体の製造方法を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0029】

図1～図6に示されるように、本発明に係るミラー付き光伝送体1は、光伝送体2の光が伝送される光伝送層3にその光伝送方向に対して交差する粗面Rが形成され、粗面Rに密着して粗面Rを覆う反射補助層4が形成され、反射補助層4に光伝送層3からの光が反射される平滑面Sが形成されているものである。この平滑面Sがミラーの反射面となる。このように、光伝送層3の光伝送方向延長上に平滑面Sを反射面とする反射補助層4が配置されることにより、光伝送方向を変換するミラーが形成される。

【0030】

光伝送体2は、光伝送層3の光伝送方向を基板5に対して平行にして、基板5に搭載されている。ただし、図4～図6のミラー付き光伝送体1では、光伝送体2と基板5が一体的に形成され光伝送体2の一部が基板5を兼ねているものを示してある。光伝送体2と基板5が別々に形成されたものでも、図4～図6のミラー付き光伝送体1を構成することができる。

【0031】

光伝送体2は、光導波路又は光ファイバである。光導波路は、矩形断面のコアの周囲をクラッドで囲んだものである。この場合、基板5上にクラッドとコアが積層形成される。光ファイバは、円形断面のコアの周囲を円形断面のクラッドで囲んだものである。この場合、基板5上に光ファイバが敷設される。いずれの場合も、側面図は、図1～図6に示した通りであり、コアが光伝送層3となる。

【0032】

図1～図4に示されるミラー付き光伝送体1では、粗面Rは、光伝送層3の光伝送方向(図示左右方向)に対して直角に交差している。図1、図2の場合、基板5上に形成されている光伝送体2の端部がダイシング等により光伝送方向に対して直角に切削加工されたことにより、その切削面が粗面Rとなっている。図3、図4の場合、基板5上の光伝送方向に連続的に形成されている光伝送体2の途中がダイシング、レーザ加工等により光伝送方向に対して直角に切削加工されたことにより、角溝6が形成され、この角溝6の切削面が粗面Rとなっている。

なお、光伝送方向(図示左右方向)に対して直角に交差している反射補助層4を有する図1、図3のミラー付き光伝送体1は、光伝送方向(図示左右方向)に反射補助層4とは別のミラー(図示せず)を形成することにより、レーザ発振等の共振器としての利用が可能である。

【0033】

図5、図6に示されるミラー付き光伝送体1では、粗面Rは、光伝送層3の光伝送方向に対して傾斜して交差している。基板5上の光伝送方向に連続的に形成されている光伝送体2の途中がV字状ブレードを用いたダイシング、レーザ加工等により光伝送方向に対して傾斜して切削加工されたことにより、V溝7が形成され、このV溝7の切削面が粗面Rとなっている。

【0034】

光伝送体2が硬い材質の場合、切削面は比較的滑らかにできる。一方、光伝送体2がフレキシブルな光導波路や樹脂製の光ファイバのように軟らかい材質の場合、切削面は顕著に荒れた粗面Rとなる。本発明は、光伝送体2の硬さには無関係に適用できるが、顕著に

10

20

30

40

50

荒れた粗面 R における反射効率の低下を解消するという目的に特に有効である。例えば、光伝送体 2 の光伝送層 3 の弾性率が 1 GPa 以下の場合に、特に有効である。

【0035】

反射補助層 4 は、透明な材料からなる。ここで透明とは、光伝送層 3 を伝送される特定波長の光、特定波長帯の光又は広波長帯域の光に対して伝送損失等の条件に適合できる程度に十分に高い透過率を示すということである。

【0036】

反射補助層 4 と光伝送層（コア）3 の屈折率は、同一であることが理想的であるが、完璧に同一であることが必須というわけではない。反射補助層 4 と光伝送層 3 の屈折率差が大きくなればなるほど、光伝送層 3 を伝送されてきた光が反射補助層 4 との境界面で拡散しやすい。しかし、反射補助層 4 の屈折率は、光伝送層 3 の屈折率に対してかなり差があつても、光の拡散による伝送損失が深刻でなければ、問題ない。例えば、反射補助層 4 の屈折率が光伝送層 3 の屈折率に対して屈折率差 ± 0.1 以内であれば、光の拡散による伝送損失は十分に小さくできる。屈折率差が ± 0.1 を超えたらただちに不可というわけではなく、反射補助層 4 の屈折率は、クラッドの屈折率と同程度でもよい。

10

【0037】

反射補助層 4 は、熱硬化樹脂又は光硬化樹脂で形成することができる。また、反射補助層 4 は、熱可塑性樹脂で形成することができる。これら、熱硬化樹脂、光硬化樹脂、熱可塑性樹脂は、一般に、接着剤と呼ばれるものである。具体的な、反射補助層 4 の形成方法は、後に述べる。

20

【0038】

図 1、図 3 に示されるミラー付き光伝送体 1 では、反射補助層 4 の平滑面 S は、基板 5 に対して直角に形成されている。この場合、平滑面 S は、基板 5 に沿って伝送されてきた光を基板 5 に沿った方向に反射するミラーを構成する。

【0039】

図 2、図 4 ~ 図 6 に示されるミラー付き光伝送体 1 では、反射補助層 4 の平滑面 S は、基板 5 に対して傾斜して形成されている。この場合、平滑面 S は、基板 5 に沿って伝送されてきた光を基板 5 に交差する方向に反射するミラーを構成する。平滑面 S の基板 5 に対する傾斜角が 45° であれば、光の反射方向は基板 5 に直角となる。

30

【0040】

図 6 に示されるミラー付き光伝送体 1 は、反射補助層 4 の平滑面 S を覆う金属膜又は多層膜等からなる光反射膜 8 を備えている。これにより、ミラーは光反射膜付きミラーとなる。これに対し、図 1 ~ 図 5 に示されるミラー付き光伝送体 1 では、反射補助層 4 の平滑面 S 自体が光反射膜なしミラーを構成している。これは、反射補助層 4 の屈折率と空気の屈折率とに十分な差があるからである。図 1 ~ 図 4 のミラー付き光伝送体 1 においても、反射補助層 4 の平滑面 S を覆う光反射膜 8 を備えることができる。

【0041】

次に、ミラー付き光伝送体 1 の製造方法を説明する。

【0042】

図 7 ~ 図 15 に示されるように、本発明のミラー付き光伝送体製造方法は、光伝送体 2 の光が伝送される光伝送層 3 にその光伝送方向に対して交差する粗面 R をダイシングにより形成する切削加工ステップ P 1 と、粗面 R に密着させて粗面 R を覆う反射補助層 4 を形成する層追加ステップ P 2 と、反射補助層 4 に光伝送層 3 からの光が反射される平滑面 S を形成する平滑化ステップ P 3 とを有する。

40

【0043】

図 7 ~ 図 12 の製造方法においては、反射補助層 4 に平滑面 S を形成する平滑化ステップ P 3 は、平滑面 S S を有する整形部材 9 を用いて反射補助層 4 を整形する整形ステップ P 4 を含む。整形部材 9 とは、未固化状態の反射補助層 4 に平滑面 S S を押し付けることによって、反射補助層 4 に平滑面 S を形成する部材である。

【0044】

50

図7～図11の製造方法においては、反射補助層4に平滑面Sを形成する平滑化ステップP3は、整形部材9を反射補助層4から剥離させる離型ステップP5を含む。これとは異なり、図12の製造方法においては、離型ステップP5がなく、整形部材9が反射補助層4に接着された状態のままミラー付き光伝送体1に残る。

【0045】

図13～図15に示した製造方法においては、反射補助層4に平滑面Sを形成する平滑化ステップP3は、整形部材9の平滑面SSにあらかじめ光反射膜8を保持させる膜保持ステップP6と、光反射膜8を反射補助層4の平滑面Sに保持させる転写ステップP7と、光反射膜8から整形部材9を剥離させる剥離ステップP8とを含んでいる。

【0046】

以下、実施形態ごとに、詳しく説明する。

【0047】

図7(a)に示されるように、光伝送体2は、光伝送層3の光伝送方向を基板5に対して平行にして基板5に搭載されている。切削加工ステップP1において、光伝送体2の端部がダイシング等により光伝送方向に対して直角に切削加工されたことにより、その切削面が粗面Rとなっている。層追加ステップP2では、未硬化状態の熱硬化樹脂、光硬化樹脂のいずれか、または熱可塑性樹脂からなる反射補助層材料を、粗面Rに対して隙間なく密着させ、反射補助層材料が粗面Rを覆うようにして、反射補助層4を形成する。この時点では、反射補助層4の粗面Rとは反対面は不定形であるが、平滑化ステップP3(整形ステップP4)では、そこへ整形部材9をあてがう。

【0048】

整形部材9は、四角柱状(直方体状)に形成された固形の部材である。整形部材9は、金属、ガラス、プラスチックなどで形成される。プラスチックの場合、反射補助層4の反射補助層材料を整形、硬化させる熱、光などにより軟化しないことが好ましい。また、整形部材9は、反射補助層4からの剥離が容易なことが好ましい。整形部材9は、基板5に対して直角な平滑面SSを有する。整形部材9には、後に反射補助層4からの剥離を容易にするために、フッ素化合物などの剥離剤をあらかじめ付けておいてもよい。

【0049】

整形部材9の平滑面SSを反射補助層4の粗面Rとは反対面に押し当てると、反射補助層4が整形される。

【0050】

図7(b)に示されるように、反射補助層4が固化した後、離型ステップP5を行う。離型ステップP5では、整形部材9を反射補助層4から剥離させる。これにより、反射補助層4には、整形部材9の平滑面SSによって整形された平滑面Sが基板5に対して直角に形成され、図1のミラー付き光伝送体1が完成する。

【0051】

なお、整形部材9を物理的に剥離するのではなく、整形部材9を溶剤で溶解して除去してもよい。例えば、整形部材9をフッ酸で溶解するガラスで形成しておくと、反射補助層4が固化した後、整形部材9を溶解して除去する。また、整形部材9が可溶性プラスチックであれば、有機溶剤で溶解して除くことができる。

【0052】

図8の製造方法は、図2のミラー付き光伝送体1を製造するためのものである。図7の製造方法と比べると、切削加工ステップP1において、光伝送方向に対して直角な粗面Rが形成される点は同じであるが、整形部材9が四角柱状でなく、平滑面SSが基板5に対して傾斜している。平滑化ステップP3において、この整形部材9を用いることにより、反射補助層4の平滑面Sは、基板5に対して傾斜して形成される。

【0053】

図9(a)に示されるように、光伝送体2は、光伝送層3の光伝送方向を基板5に対して平行にして基板5に搭載されている。切削加工ステップP1において、基板5上の光伝送方向に連続的に形成されている光伝送体2の途中が光伝送方向に対して直角に切削加工

10

20

30

40

50

されたことにより、角溝 6 が形成され、この角溝 6 の切削面が粗面 R となっている。層追加ステップ P 2 では、未固化状態の反射補助層材料を、粗面 R に対して隙間なく密着させ、反射補助層材料が粗面 R を覆うようにして、反射補助層 4 を形成する。平滑化ステップ P 3 (整形ステップ P 4) では、四角柱状の整形部材 9 を角溝 6 に入れ、整形部材 9 の平滑面 S S を反射補助層 4 の粗面 R とは反対面に押し当てることで、反射補助層 4 を整形する。

【 0 0 5 4 】

図 9 (b) に示されるように、反射補助層 4 が固化した後、離型ステップ P 5 を行う。離型ステップ P 5 では、整形部材 9 を反射補助層 4 から剥離させ、角溝 6 から排出する。これにより、反射補助層 4 には、整形部材 9 の平滑面 S S によって整形された平滑面 S が基板 5 に対して直角に形成され、図 3 のミラー付き光伝送体 1 が完成する。

10

【 0 0 5 5 】

図 10 (a) に示されるように、光伝送体 2 は、光伝送層 3 の光伝送方向を基板 5 に対して平行にして基板 5 に搭載されている。切削加工ステップ P 1 において、基板 5 上の光伝送方向に連続的に形成されている光伝送体 2 の途中が光伝送方向に対して直角に切削加工されたことにより、角溝 6 が形成され、この角溝 6 の切削面が粗面 R となっている。層追加ステップ P 2 では、未固化状態の反射補助層材料を、粗面 R に対して隙間なく密着させ、反射補助層材料が粗面 R を覆うようにして、反射補助層 4 を形成する。

【 0 0 5 6 】

平滑化ステップ P 3 (整形ステップ P 4) では、平滑面 S S が基板 5 に対して傾斜している整形部材 9 を角溝 6 に入れ、整形部材 9 の平滑面 S S を反射補助層 4 の粗面 R とは反対面に押し当てることで、反射補助層 4 を整形する。

20

【 0 0 5 7 】

図 10 (b) に示されるように、反射補助層 4 が固化した後、離型ステップ P 5 を行う。離型ステップ P 5 では、整形部材 9 を反射補助層 4 から剥離させ、角溝 6 から除去する。これにより、反射補助層 4 には、整形部材 9 の平滑面 S S によって整形された平滑面 S が基板 5 に対して傾斜して形成され、図 4 のミラー付き光伝送体 1 が完成する。

【 0 0 5 8 】

図 11 (a) に示されるように、光伝送体 2 は、光伝送層 3 の光伝送方向を基板 5 に対して平行にして基板 5 に搭載されている。切削加工ステップ P 1 において、基板 5 上の光伝送方向に連続的に形成されている光伝送体 2 の途中が光伝送方向に対して傾斜させて切削加工されたことにより、V 溝 7 が形成され、この V 溝 7 の切削面が粗面 R となっている。層追加ステップ P 2 では、未硬化状態の熱硬化樹脂、光硬化樹脂のいずれか、または熱可塑性樹脂からなる反射補助層材料を、粗面 R に対して隙間なく密着させ、反射補助層材料が粗面 R を覆うようにして、反射補助層 4 を形成する。この時点では、反射補助層 4 の粗面 R の反対面は不定形である。

30

【 0 0 5 9 】

図 11 (b) に示されるように、平滑化ステップ P 3 (整形ステップ P 4) では、反射補助層 4 に整形部材 9 を押し付ける。整形部材 9 は、基板 5 に対して 45° の傾斜角に形成された平滑面 S S を有することにより、反射補助層 4 に基板 5 に対する傾斜角が 45° の平滑面 S を形成することができる。

40

【 0 0 6 0 】

図 11 (c) に示されるように、反射補助層 4 が固化した後、離型ステップ P 5 を行う。離型ステップ P 5 では、整形部材 9 を反射補助層 4 から剥離させる。これにより、反射補助層 4 には、整形部材 9 の平滑面 S S によって整形された平滑面 S が基板 5 に対して 45° の傾斜角に形成され、図 5 のミラー付き光伝送体 1 が完成する。

【 0 0 6 1 】

図 12 に示した製造方法では、V 溝 7 の粗面 R に未固化状態の反射補助層材料を密着させ、整形部材 9 により反射補助層 4 を形成し、反射補助層 4 が固化すれば、ミラー付き光伝送体 1 が完成する。整形部材 9 はミラー付き光伝送体 1 に残る。整形部材 9 は、光に対

50

し十分な反射率を持つことが好ましい。

【0062】

図13に示されるように、光伝送体2は、光伝送層3の光伝送方向を基板5に対して平行にして基板5に搭載されている。切削加工ステップP1において、基板5上の光伝送方向に連続的に形成されている光伝送体2の途中が光伝送方向に対して傾斜させて切削加工されたことにより、V溝7が形成され、このV溝7の切削面が粗面Rとなっている。

【0063】

図14(a)に示されるように、層追加ステップP2では、未硬化状態の熱硬化樹脂、光硬化樹脂のいずれか、または熱可塑性樹脂からなる反射補助層材料を、粗面Rに対して隙間なく密着させ、反射補助層材料が粗面Rを覆うようにして、反射補助層4を形成する。この時点では、反射補助層4の粗面Rの反対面は不定形である。

10

【0064】

一方、整形部材9は、例えば、シリコンウエハから切り出された四角柱状(直方体状)に形成された固体の部材である。この整形部材9の平滑面SSに金属膜又は多層膜等からなる光反射膜8を付着させておく。金属膜材料には、例えば、金、銀、アルミニウムなどが挙げられる。

【0065】

図14(b)に示されるように、平滑化ステップP3(整形ステップP4)では、反射補助層4に整形部材9を押し付ける。整形部材9と反射補助層4との間に光反射膜8が挟まれる。この状態で、反射補助層4が固化すると、光反射膜8が反射補助層4に接着(固定)される。

20

【0066】

図15に示されるように、離型ステップP5では、整形部材9を反射補助層4から剥離させる。このとき、光反射膜8は、整形部材9から剥離されて反射補助層4に残る。これにより、図6のミラー付き光伝送体1が完成する。

【0067】

なお、図6のミラー付き光伝送体1の製造方法は、図13～図15の製造方法に限らず、図5のミラー付き光伝送体1に対して金属膜蒸着、金属微粒子焼き付けなどにより、反射補助層4の平滑面Sに光反射膜8を形成してもよい。

【0068】

30

以上説明したように、本発明に係るミラー付き光伝送体1は、切削加工で生じた粗面Rに密着して粗面Rを覆う反射補助層4が形成され、反射補助層4に光伝送層3からの光が反射される平滑面Sが形成されているため、この平滑面Sがミラーの反射面となる。ミラー付き光伝送体1は、金属蒸着やマスキングが不要であるため、生産コストが低減できると共に、量産性に優れる。また、ミラー付き光伝送体1は、反射補助層4に光伝送体と接着性の良いものを選ぶことができるため、蒸着膜に比べて剥がれにくく、信頼性に優れる。

特に、フレキシブルな光導波路や光ファイバをダイシングで切削加工すると粗面Rが顕著となるが、本発明は、このような軟らかい光伝送体2にミラーを形成する場合に好適である。

40

【0069】

柔軟性を求められる光導波路や光ファイバには、弾性率の低い材料が用いられることが多いが、低弾性率になるほど切削の際に平滑な面を形成しづらく、荒れた面となる。本発明は、特に弾性率が1GPa以下の部材を含む光伝送体に好適である。

【0070】

図16に、本発明のミラー付き光伝送体の量産に適した製造方法を示す。基台161の上の複数箇所にミラーを形成する対象となる光伝送体162がそれぞれ保持されている。各光伝送体162には光伝送層(図示せず)を傾斜して切削したV溝163が形成されている。V溝163には反射補助層(図示せず)が形成されているものとする。

【0071】

50

基台 161 の上方に基台 161 に対向する昇降台 164 が昇降自在に設置されている。昇降台 164 には、基台 161 上の各光伝送体 162 に臨ませてジグ保持部 165 が設けられている。ジグ保持部 165 は、光伝送体 162 の反射補助層に平滑面を整形するためのジグ 166 を保持している。ジグ 166 は、図 11、図 14 で説明した整形部材 9 である。光伝送体 162 の溝の形状に応じて図 7 等で説明した整形部材 9 をジグ 166 としてもよい。また、基台 161 は基板 5 であってもよく、基板 5 の複数箇所にミラーを形成する場合にも本製造方法は有効である。

【0072】

この構成により、複数箇所における反射補助層の整形を一括して同時に行うことができる。このとき、各ジグ 166 が各光伝送体 162 の V溝 163 に一斉に押し込まれるので、各 V溝 163 において力のバランスが左右均等になりやすい。このため、ジグ 166 が左右に傾くことが防止される。ジグ 166 が傾くと、反射補助層に形成される平滑面の角度が設計値である例えば 45° と異なってしまうため、光の反射角度が直角からずれてしまうが、本製造方法によれば、ジグ 166 の傾きを無くして、平滑面の角度を設計値どおりに製造することができる。

10

【0073】

弾性率 50 MPa のエポキシ系クラッド（屈折率 1.50）と弾性率約 1 GPa のエポキシ系コア（屈折率 1.58）よりなるポリマ導波路をポリイミド基板上に作製した。このポリマ導波路に 90° V字カットブレードを用いて 10 cm の間隔で 2 箇所ダイシングにより V溝を設けた。V溝は導波路側から切り、ポリイミド基板はダイシングされていない。

20

【0074】

比較例として、V溝に整形を施す前の状態で導波路の挿入損失を測定した。ポリイミド基板側より一方のV溝のミラー面にシングルモードファイバを用いて 850 nm の光を結合させた。入射光は、10 cm のコアを伝搬し、反対側のミラー面から反射されポリイミド基板側へと出射される。この出射光を PD (Photodiode) で検出したところ、挿入損失は 8.5 ~ 9 dB であった。ファイバとの結合損失、PD との結合損失は 0 とした場合、導波路の伝送損失は 0.1 dB / cm であるため、ミラー 1 個の損失は 4 dB 程度となる。

【0075】

30

この場合のミラー面の平均粗さ Ra を測定した。コア部の膜厚方向は 0.38 ~ 0.55 μm、切削方向は 0.17 ~ 0.5 μm であり、より弾性率の低いクラッド部において平均粗さは大きい。コア部、クラッド部が平滑に切削されないことでミラー面の散乱損失が大きくなっている。

【0076】

同じ導波路サンプルについてミラー面に整形と金反射膜の転写を行った。シリコンウエハを角柱状に切り出し、シリコンウエハの平滑面上に金を蒸着させた。この角柱を用いて、ミラー面の整形を行った。屈折率 1.56 のエポキシ系の熱硬化樹脂を適量それぞれの V溝に塗布し、シリコンウエハの角柱の平滑面上の金膜がミラーの反射面側となるように配置した。2つの角柱上には、それぞれ角柱を保持するジグが取り付けられており、2つのジグに橋渡しするように昇降台を載せ、その上から 500 g f の力を加えた。150 で 1 時間加熱することで熱硬化樹脂を硬化させた。V溝より角柱を引き剥がすことで取り除くと、角柱上の金膜は V溝側に転写されていることが確認された。上と同様に挿入損失を測定すると、2.5 ~ 3 dB 程度であり、ミラー 1 個あたり 1 dB 以下の損失となっていることが確認された。

40

【符号の説明】

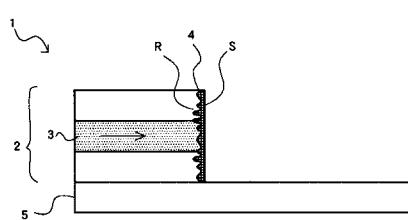
【0077】

- 1 ミラー付き光伝送体
- 2 光伝送体
- 3 光伝送層

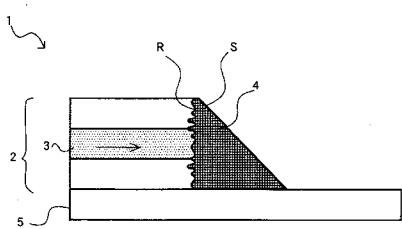
50

- 4 反射補助層
 5 基板
 6 角溝
 7 V溝
 8 光反射膜
 9 整形部材
 R 粗面
 S、SS 平滑面

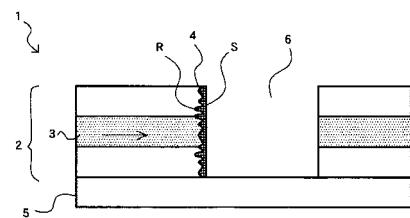
【図1】



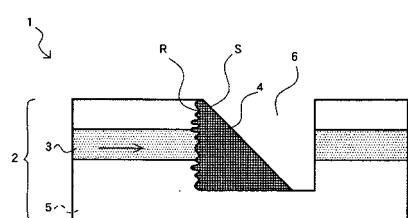
【図2】



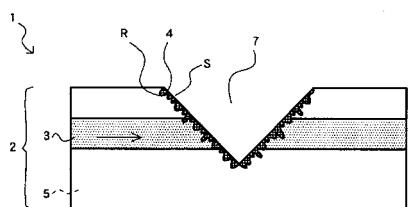
【図3】



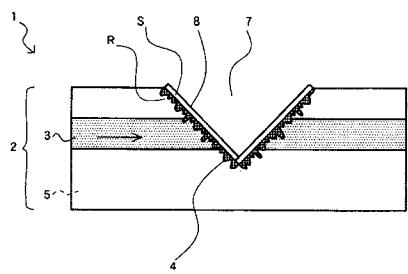
【図4】



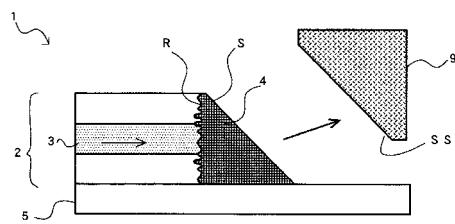
【図5】



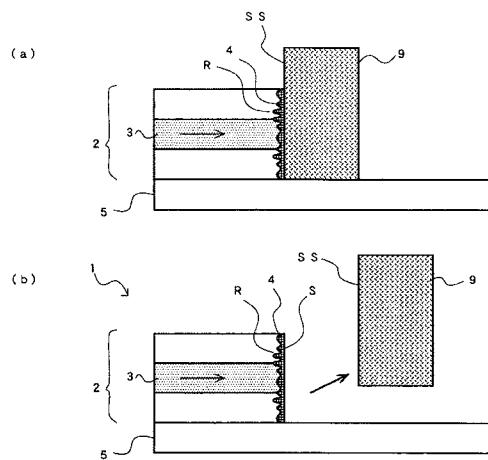
【図6】



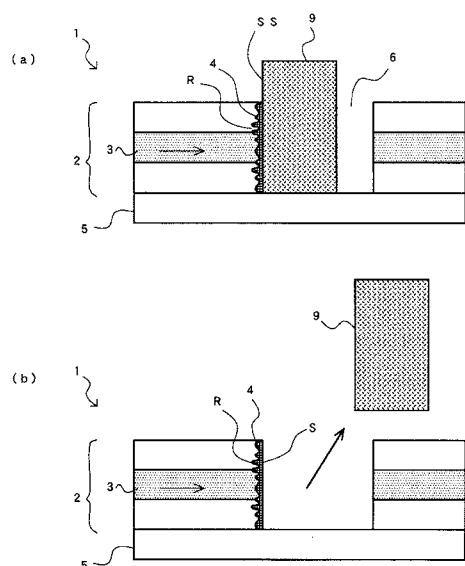
【図8】



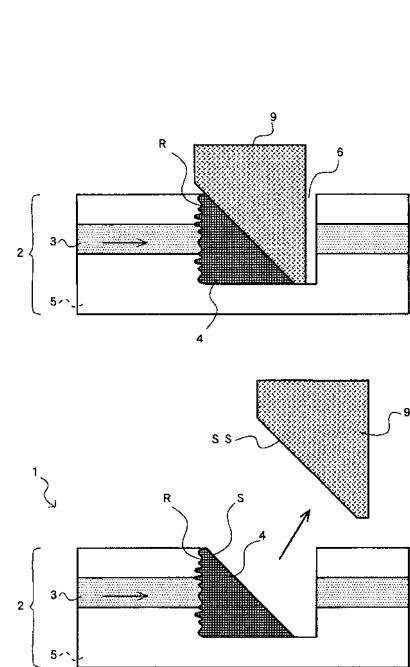
【図7】



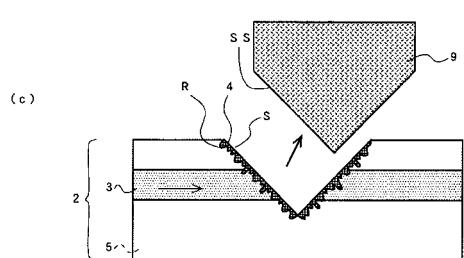
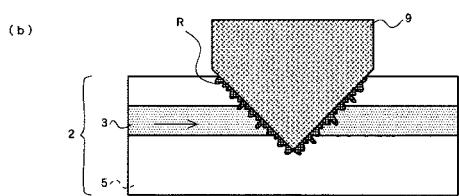
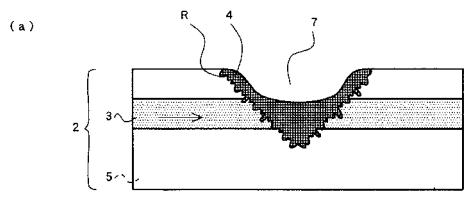
【図9】



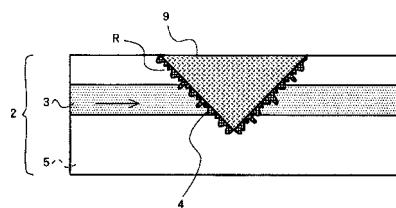
【図10】



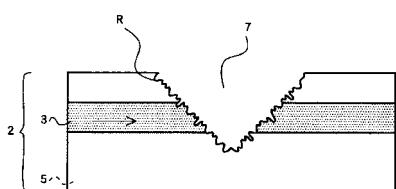
【図11】



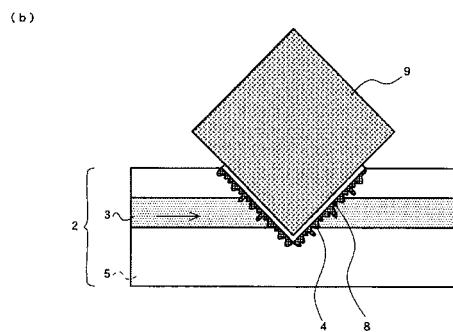
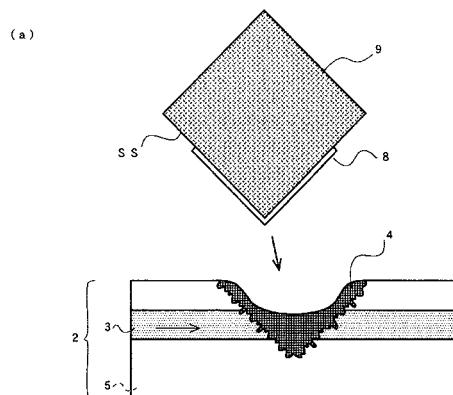
【図12】



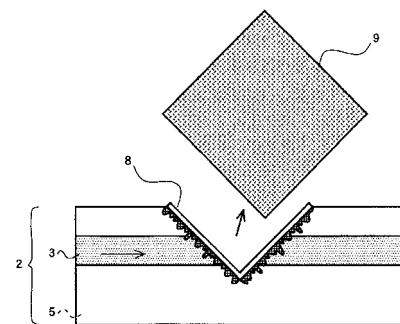
【図13】



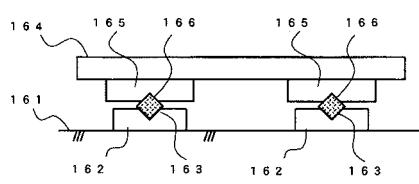
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-184773(JP,A)
特開昭50-155243(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 6 / 14 - 6 / 14
G 02 B 6 / 26
G 02 B 6 / 30 - 6 / 34
G 02 B 6 / 42