

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5558905号
(P5558905)

(45) 発行日 平成26年7月23日(2014.7.23)

(24) 登録日 平成26年6月13日(2014.6.13)

(51) Int.Cl.

G02B 6/122 (2006.01)

F 1

G O 2 B 6/12

A

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-107307 (P2010-107307)
 (22) 出願日 平成22年5月7日 (2010.5.7)
 (65) 公開番号 特開2011-237524 (P2011-237524A)
 (43) 公開日 平成23年11月24日 (2011.11.24)
 審査請求日 平成24年12月12日 (2012.12.12)

(73) 特許権者 000004226
 日本電信電話株式会社
 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
 (73) 特許権者 591230295
 NTTエレクトロニクス株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区新浦島町一丁目1
 番地32
 (74) 代理人 110001243
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
 (74) 代理人 100077481
 弁理士 谷 義一
 (74) 代理人 100115624
 弁理士 濱中 淳宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光導波路フィルム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光導波路を平面に配列させたアレイ状光導波路フィルムであって、
 コア部分とその周囲を囲むクラッド部分の領域を含む前記光導波路と、
 部分的に膜厚を薄くすることにより変形しやすい構造とした応力緩和層と
 を有し、

前記光導波路により前記応力緩和層をサンドイッチした構造を有し、
 前記光導波路のコア部分を囲むクラッド部分の膜厚が10ミクロン以上であり、前記光
 導波路間の薄膜部分の厚さが光導波路の厚さの1/2以下であることを特徴とするアレイ
 状光導波路フィルム。

10

【請求項 2】

光導波路を平面に配列させたアレイ状光導波路フィルムであって、
 コア部分とその周囲を囲むクラッド部分の領域を含む前記光導波路と、
 部分的に膜厚を薄くすることにより変形しやすい構造とした応力緩和層と
 を有し、

前記光導波路により前記応力緩和層をサンドイッチした構造を有し、
 前記光導波路間の薄膜部分が光導波路のコアに対して垂直な方向に伸縮可能な蛇腹構造
 を有することを特徴とするアレイ状光導波路フィルム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、光導波路フィルムに関し、詳しくは、高分子材料を用いたポリマー光導波路フィルムで、特に、アレイ状の光導波路コアを有する光導波路フィルムに関する。本発明のポリマー光導波路フィルムは、外部より光導波路フィルムに加わる歪・応力に対して、光導波路部分への影響を低減化させることを可能とするという利点を有する。

【背景技術】**【0002】**

現在の光通信システム内では、光通信システムや高速信号伝送装置の内部における配線技術として、ボード間、ボード内での信号伝送に光ファイバーが用いられている。今後、通信の高速化、大容量化により、光配線を電気のフレキシブルフィルム配線のようにフィルム化し、ボード間や光素子間を接続する光インターフェクションが必要になると考えられている。また、光信号の合分配回路等の光配線の機能化や、単心ファイバーや多心のテープファイバーで必要となる、余長処理の空間的実装スペースが取れない場合などの事情もあり、光導波路フィルムを用いて信号伝送を行う光インターフェクション実装が検討されている。

10

【0003】

従来の光インターフェクション実装における光導波路フィルムは、その機械的に柔軟な特性を利用しているため、光導波路フィルムに用いられるポリマー材料は、石英系光導波路のような無機材料と比較して弾性強度が低く、温度、振動、外力などによる歪や応力による機械的変形を起こしやすい。

20

【0004】

このため、局所的に光導波路の光信号の伝播が維持される最小曲げ半径より小さな曲率半径に光導波路のコア部分が変形されると、光伝播損失が増大してしまう問題がある。また、光導波路フィルムに用いられるポリマー材料は、無機材料などと比較して光弾性係数が大きく、歪・応力に起因する屈折率変動を起こしやすい。そのため、0.2~5%程度のコア部分とクラッド部分の僅かな屈折率差を利用して信号光を閉じ込めている光導波路では、光導波路フィルムに加わる歪や応力の影響により、コア、クラッド間の屈折率差が変動して、光伝播損失が変動したり、漏れ光による光信号のクロストークなどが発生したりするという問題がある。

30

【0005】

従来の一般的な光導波路フィルムによる光信号接続の場合、光導波路フィルムの光配線方向に対して断面積は小さく、断面形状は細長い長方形のような構造を有しているため、図1に示す光導波路フィルム101、111、121のように、フィルム面に垂直な方向へ撓ませることにより、光配線接続の位置変動による歪を吸収することが可能であった。この際、光導波路の伝播損失が増加する最小曲げ半径が光導波路フィルム101、111、121のフィルム面に垂直な方向への曲率半径：Rより小さく、歪、応力による光弾性効果に起因する光導波路のコアとクラッドの屈折率差による光の閉じ込め効果に変動が十分小さければ、光導波路フィルムの曲げに対する光損失変動は起こらない。（例えば、非特許文献1参照。）

30

【0006】

さらに、図2に示すように、光導波路200の垂直な方向に対しては、概して光導波路200の信号が伝わるコア部分202が断面中心に配置されることが多いため、その場合、曲げ応力に対する内側の圧縮応力、外側の延伸応力差は小さくなり、光導波路200のコア202とクラッド201界面への歪・応力の影響を小さく抑えることができる。（例えば、非特許文献1参照。）

40

【0007】

また、図3の光導波路フィルム301、302、303に示すように、フィルム面に垂直な方向へ撓ませることにより、光導波路フィルムの光学特性が悪化する曲率半径より小さくなつたとしても多心のアレイ状光導波路の各コア部分の光損失等の光学特性は全て一様に変化するため、これまで問題とはされていなかった。また、光導波路フィルムを撓ま

50

せた状態にて実装する事により、光導波路方向に垂直な横ずれに対しては、光導波路フィルムが捩れることにより対応できた。

【0008】

さらに、非特許文献1においても、光導波路フィルムの曲げ方向に垂直、もしくは平行に溝を加工することにより、応力緩和がなされて屈曲性が向上する点が触れられているが、これは、フィルム全体の単純曲げによる応力緩和に関するものであり、光導波路フィルム内の局所的な応力緩和には対応できない。また、非特許文献1では、ダイシングやレーザ加工により光導波路フィルムに空気のクラッド層を形成し、応力緩和性能も持たせた光導波路フィルムについて触れられているが、この構造では、光信号が伝播する光導波路のコア部分がむき出しになるため、ごみの付着や結露など、光損失の増加要因を排除することはできない。10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】塩田剛史著「光配線技術のすべて」工業調査会

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、ポリマー材料を用いた光導波路フィルムの光導波路が複数本存在するアレイ光導波路の場合において、上述の図3に示すように、十分に撓ませた状態の実装構造が保てない場合や、光導波路フィルムの光導波路長と比較してフィルム幅が十分小さくできない場合には、図4に示すように光導波路401の横ずり歪に対してや、図5に示すように光導波路フィルム501のフィルム面内の曲げ歪に対して、光導波路フィルムの構造上、ねじれるための撓みが小さく、全体で応力を受ける構造となるため、局所的な圧縮応力と延伸応力差が大きくなり、アレイ状光導波路フィルムの光損失のばらつきが発生し、応力集中により光導波路部分の破断を起こし易いという問題があった。20

【0011】

また、図6に示すような、コア602、612、622を含む、曲線アレイ光導波路フィルム601、611、621や、図7に示すような、コア702、712、722のコアピッチ変換を含む展開回路の光導波路フィルム701、711、721の場合には、光導波路フィルム自体が単純な延伸歪を受けるような実装位置ずれが発生したとしても、図8に例示するように光導波路フィルム801内の光導波路コア802から見れば、部分的に横ずり歪の変形成分を含むため、上記同様、実装位置ずれに起因する光損失変動や破断を起こす問題が残る。30

【0012】

本発明は、このような従来の構成が有していた問題を解決しようとするものであり、光導波路フィルムの歪・応力に起因する光伝播損失変動を低減化することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明者は、上記課題に鑑み鋭意検討した結果、光導波路フィルムのコア部分とそれを囲むクラッド部分を合わせた光伝播する部分を除いた光導波路の間隙に、光導波路フィルム面内の曲げ応力や、水平位置ずれに対するずり応力に対して、光伝播する部分のよりも弾性率の低い材料や変形しやすい構造を導入することにより、アレイ状光導波路の光伝播損失への影響を低減化できることを見出し、本発明を完成するに至った。40

【0014】

上記課題を解決するための手段は、以下の通りである。

【0015】

(1)一実施形態では、光導波路を平面に配列させたアレイ状光導波路において、コア部分とその周囲を囲むクラッド部分の領域を含む光導波路構造部分より、その光導波路間50

の間隙が低弾性強度の構造である応力緩和層をサンドイッチした構造としたことを特徴とする。

【0016】

図9(a)中に、一実施形態によって得られる歪、応力に対する光導波路フィルム断面の形状変化の模式図を示す。

【0017】

上記、一実施形態によれば、光導波路構造部分より、その光導波路間の間隙が低弾性強度の構造である応力緩和層をサンドイッチした構造を用いることにより、アレイ状光導波路フィルムをフィルム面内方向に、ずり変形や曲げ変形が加わっても、まず、応力緩和層部分が局所的に収縮または伸長することにより、コア部分とその周囲を囲むクラッド部分の領域を含む光導波路構造部分に直接応力が掛からず、光導波路フィルムの歪、応力への耐性を向上させることができる。10

【0018】

(2)また、一実施形態では、上記応力緩和層として、光導波路のコア部分とその周囲を囲むクラッド部分の材料より、その光導波路間の充填材料が低弾性材料の上記応力緩和層をサンドイッチした構造を有することを特徴とする。

【0019】

このため、一実施形態によれば、応力緩和層として光導波路構造部分より低弾性材料を充填することであり、応力緩和層の形状に依存せず光導波路フィルムの歪、応力への耐性が向上させることができる。20

【0020】

図9(b)、図9(c)中に、光導波路フィルムの断面に外部より歪、応力が加わった際の応力緩和層の変形の様子を例示する。外部から歪、応力に対しても応力緩和層が独立して変形し、緩やかに光導波路部分を互いに連結しているため、光導波路フィルム面内の歪、応力を緩和するだけでなく、局所的なフィルム面に垂直な方向の歪、応力も吸収することが出来る。

【0021】

応力緩和層として充填する低弾性材料としては、光導波路構造部分の材質との比較で決定されるが、例えば、ポリエチレンやエチレン酢酸ビニルのようなポリエチレン誘導体、ポリイソブチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル、ポリテトラフルオロエチレン、ポリウレタン、スチレンブタジエンゴムなどの比較的低弾性のポリマー材料やそれらの混合材料を用いることが可能である。30

【0022】

また、均一に充填することはもちろん、発泡体として充填されていても良いので、たとえ弾性強度が光導波路構造部分より高いポリマー材料であっても、発泡の割合を十分高くすることにより、応力緩和層として用いることができる。

【0023】

さらに、応力緩和層として充填する低弾性材料としては、光透過性の有無は応力緩和には影響を与えないため、信号伝送する光波長帯において不透明な材料をあえて用いることにより、アレイ状光導波路間の信号クロストークを低減させる効果を持たせることが可能となる。40

【0024】

(3)一実施形態では、上記(1)の応力緩和層として、部分的に膜厚を薄くすることにより変形しやすい構造とすることを特徴とする。

【0025】

(4)また、一実施形態では、上記(3)のコア部分とその周囲を囲む10ミクロン以上のクラッド部分を有し、光導波路間の薄膜部分の厚さが光導波路の厚さの1/2以下であることを特徴とする。

【0026】

(5)さらに、一実施形態では、上記(3)の光導波路間の薄膜部分は光導波路の中心50

軸に沿って形成されていることを特徴とする。

【0027】

上記(3)～(5)によれば、応力緩和層を光導波路構造部分と同じであっても薄膜化することにより、外部からの歪や応力に対して薄膜化した応力緩和層部分が優先的に変形することにより、コア部分とその周囲を囲むクラッド部分の領域を含む光導波路構造部分に直接応力が掛からず、光導波路フィルムの歪、応力への耐性が向上するとともに、光導波路構造部分と応力緩和層とが同じ材料であることから、作製プロセスを同時に行えるという効果を発揮する。

【0028】

特に上記(4)によれば、光導波路構造部分としては、コア内を伝播する光の閉じ込め効果を維持するため、コア部分からの光の染み出しであるエバネッセント光の領域はクラッド層で十分に覆う必要があるため、クラッド部分の膜厚は10ミクロン以上が望ましい。また、応力緩和層としての効果を持たせるため、応力緩和層の厚さは、光導波路構造部分の1/2以下であることが望ましい。

【0029】

さらに、上記(5)によれば、薄膜化した応力緩和層が光導波路フィルム面の垂直方向光に光導波路の中心軸より離れた位置にある場合、フィルム面の垂直な方向絵の曲げ応力に対して、応力緩和層部分が支点になり、光導波路構造部分に応力がかかるため、光導波路の中心軸に沿って薄膜化した応力緩和層が形成されることが望ましい。

【0030】

(6)一実施形態では、上記(3)の光導波路間の薄膜部分が光導波路のコアに対して垂直な方向に伸縮可能な蛇腹構造を有することを特徴とする。

【0031】

上記(6)によれば、単純な薄膜化した応力緩和層だけでは、歪や応力に対する変形の効果が限られてしまうことから、伸縮可能な蛇腹構造にすることにより、アレイ上光導波路の各コア部分が応力、歪に対してフィルム面内のみならず、フィルム面に垂直な方行についても変形でき、局所的な応力、歪に対しても応力緩和層としての効果を発揮する。

【0032】

(7)一実施形態では、上記(1)の光導波路間の薄膜部分が光導波路フィルム面に対して垂直に部分的に穴が開いている構造を有することを特徴とする。

【0033】

上記(7)によれば、上記(4)乃至(6)による光導波路フィルムの断面構造ではなく、光導波路フィルム面に対して垂直に部分的に穴が開いている構造を持たせることであり、これにより同じ断面構造であっても歪や応力に対してより変形しやすい構造を持たせることができる。特に、穴の形状としては、端部の応力集中による破断を避けるため、角のない円形や橢円形を連ねた構造が望ましい。

【発明の効果】

【0034】

本発明の光導波路フィルムによれば、フィルムの面内方向のずり応力、曲げ応力に対して、光導波路部分に応力集中を起こさない構造を有しているため、光導波路フィルムを大きく弛ませて実装する、スペースの無い、実装体積の小さな高密度実装の装置や、熱や振動により光導波路フィルムのフィルム面内方向に歪を生じる様々な実装形態や、低弾性部分が衝撃を吸収するため、様々な耐衝撃性能が必要となる部品や実装構造に高信頼性を付与する事が可能となり、その産業上の利用価値は極めて大きいという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】光導波路フィルムの単純延伸、圧縮による形状変化を示す図であり、図1(a)は、光導波路フィルムの単純延伸した状態を示す図であり、図1(b)は、光導波路フィルムの単純延伸、圧縮の前の状態を示す図であり、図1(c)は、光導波路フィルムの単純圧縮した状態を示す図である。

10

20

30

40

50

【図2】一般的な光導波路フィルムのコア位置と曲げによる応力を示す図である。

【図3】従来の光導波路フィルムの水平位置ずれに対する変形の模式図である。

【図4】光導波路フィルムの横ずり歪に対する応力を示す図である。

【図5】光導波路フィルムの曲げ歪に対する応力を示す図である。

【図6】曲線導波路を有する光導波路フィルムの例を示す図である。

【図7】コアピッチ変換光導波路フィルムの例を示す図である。

【図8】曲線導波路を有する光導波路フィルムを示す図である。

【図9】本発明による歪、応力に対する光導波路フィルム断面の形状変化を示す図であり、図9(a)は、歪、応力のない状態を示す図であり、図9(b)は、フィルム面に垂直な方向へのフィルムの撓みに対する変化を示す図であり、図9(c)は、フィルム面内方向への延伸、圧縮歪に対する変化を示す図である。
10

【図10】従来の光導波路フィルムの製造工程断面図を示す図である。

【図11】本発明の第1の実施形態による光導波路フィルムの製造工程断面図を示す図である。

【図12】本発明の第2の実施形態による光導波路フィルムの製造工程断面図を示す図である。

【図13】本発明の第2の実施形態による光導波路フィルムの製造工程断面図を示す図である。

【図14】本発明の第3の実施形態による光導波路フィルムの上面図を示す図であり、図14(a)は、直線導波路の光導波路フィルムの例を示す図であり、図14(b)は、曲線導波路を有する光導波路フィルムの例を示す図である。
20

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

まず、図10に、光導波路フィルムの基本的な作製方法を示す。図10(A)において、Si基板などの基板1001上にクラッド層1002を形成し、図10(B)において、その上に、コア層1013を形成し、フォトリソグラフィによりSi含有レジスト1014を光導波路コアのパターンに形成する。図10(C)において、O₂プラズマを用いた反応性イオンエッティングにより、コア層のパターンを加工し、リッジ形状の光導波路コア1025を形成し、レジスト層を除去する。図10(D)において、その上からクラッド層1036を形成することにより、基板上にポリマー光導波路を形成し、図10(E)において、基板から剥離することにより、光導波路フィルム1040を形成する。
30

【0037】

(参考形態)

図11は、本発明の参考形態による光導波路フィルムを示す図である。

図11(D)は、図10に示した光導波路フィルムの作製工程の図10(D)の段階と同じ状態を示す図である。図11(F)において、その上部クラッド層1103の表面に光導波路部分のみ覆うように、例えばTiなどの金属薄膜をスパッタ法により形成したり、光導波路部分との同等な厚膜レジストによりエッティング用パターン1114を形成する。図11(G)において、O₂プラズマによる反応性イオンエッティングなどにより、光導波路部分を残して他の部分を削り取る。
40

【0038】

図11(H)において、光導波路部分を残してエッティングした間隙に応力緩和層1135として、低弾性のポリマー材料をスピンドルコートやドクターブレード法などにより、光導波路部分の間隙に充填する。このとき、表面に応力緩和層1135の材料が薄膜として残ってしまうことがあるが、光導波路部分の膜厚よりも十分に薄ければ、本発明の応力緩和機能を維持できるので、そのまま使用しても良い。厚膜のまま残っている場合など、除去する必要があれば、O₂プラズマによるエッティングにより除去すれば良い(図11(I)参照)。基板上から剥離することにより光導波路フィルムを得る。

【0039】

(第1の実施の形態)

図12、図13は、本発明の第1の実施形態による光導波路フィルムを示す図である。

上述の図10に示した光導波路フィルムの作製工程の基板1201として、平坦なものを用いるのではなく、例えば、図12(J)に示すように、あらかじめ応力緩和部分の形状をエンドミルによる切削加工やプラズマエッティングにより加工形成した基板を用いる。図12(K)において、基板1201上に、図10で示した光導波路の作製工程と同様に、クラッド1212及びコア1211を有する光導波路層を作製する。この光導波路層の表面に、多段露光により図12(L)に示すように厚膜レジスト1223を形成する。その後、O₂プラズマによる反応性イオンエッティングにより応力緩和部分の形状加工を行い、図12(M)に示すように、レジスト膜を除去し、基板から剥離することにより、図12(N)に示すような光導波路フィルム1240が得られる。また、第1の実施において図12(J)に示す基板1201の表面形状と応力緩和部分の加工形状を変えることにより、応力緩和層の薄膜構造を、平板構造や蛇腹構造などに対応させることが可能である。
【0040】

さらに、図13に、本発明の第1の実施の形態を得るための、もう1つの作製工程を示す。この場合も、上述の図10に示した光導波路フィルムの作製工程の基板として、平坦なものを用いるのではなく、例えば、図13(J)に示すように、予め応力緩和部分の形状をエンドミルによる切削加工やプラズマエッティングにより加工形成した基板1301を用いる。図13(K)において、この基板1301上に、図10で示した光度導波路の作製工程と同様に、クラッド1312及びコア1311を有する光導波路層を作製する。さらに、図13(O)において、フォトリソグラフィにより厚膜レジストやT_iなどの金属マスクのパターン1323を形成し、図13(P)に示すように、O₂プラズマによる反応性イオンエッティングにより応力緩和部分を完全に除去する。その後、応力緩和層部分1345に光導波路部分より低弾性なポリマー材料を充填し、その上から、図13(Q)に示すように、あらかじめ応力緩和部分の上面形状をエンドミルによる切削加工やプラズマエッティングにより加工形成した基板1344を用いて、必要に応じて加熱しながら、端部による位置合わせや、X線やSi基板での赤外光線を用いたマーカによる位置あわせを用いて、図13(R)に示すようにプレス加工を行うことによっても、任意の応力緩和部分の形状を有する光導波路フィルム1360を得ることが出来る(図13(S)参照。)。
【0041】

(第2の実施の形態)

図14は、本発明の第2の実施形態を示す図である。

図14において、第2の実施形態による光導波路フィルムは、第1の実施形態で示した、例えば、図11(H)、図12(M)、及び、図13(R)の下部基板から剥離する前に、応力緩和層部分1402、1412の一部に、T_iなど金属マスクを用いてプラズマエッティングにより加工し、または、例えばYAGレーザなどを用いてレーザ加工により貫通穴を形成するものである。穴形状や大きさは、光導波路部分1401、1402の間隔や形状、応力緩和層部分1402、1412と光導波路部分1401、1411の材料の弾性率の差や、光導波路フィルムが受ける歪、応力の大きさによって最適形状が異なる。
【0042】

以上のように、本発明の光導波路フィルムによれば、フィルムの面内方向のずり応力、曲げ応力に対して、光導波路部分に応力集中を起こさない構造を有しているため、光導波路フィルムを大きく弛ませて実装する、スペースの無い、実装体積の小さな高密度実装の装置や、熱や振動により光導波路フィルムのフィルム面内方向に歪を生じる様々な実装形態や、低弾性部分が衝撃を吸収するため、様々な耐衝撃性能が必要となる部品や実装構造に高信頼性を付与する事が可能となるため、その産業上の利用価値は極めて大である。

【符号の説明】

【0043】

1001、1101、1201、1301 基板

1002 クラッド層

10

20

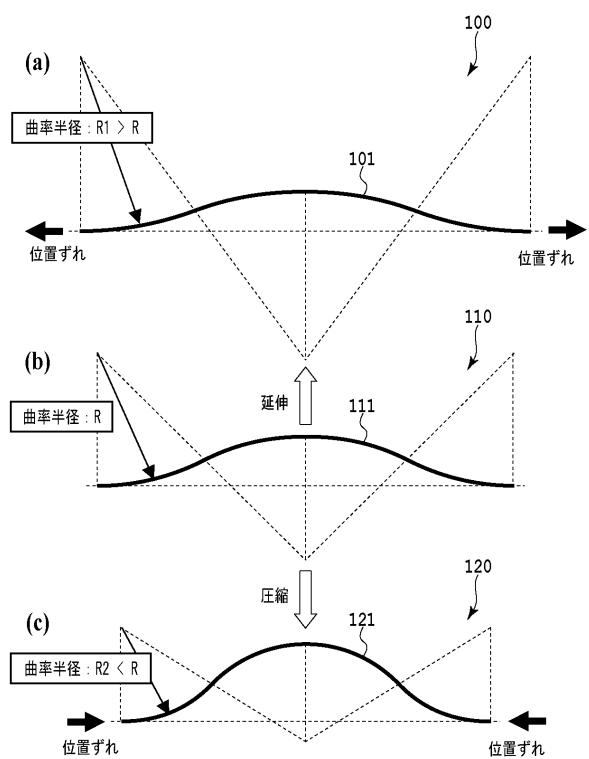
30

40

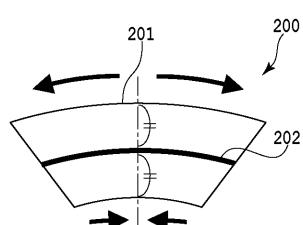
50

1 0 1 3 コア層
 1 0 1 4、1 1 1 4、1 2 2 3、1 3 2 3 レジストパターン
 1 0 2 5、1 1 0 2、1 2 1 1、1 3 1 1 コア
 1 0 3 6、1 1 0 3、1 2 1 2、1 3 1 2 クラッド
 1 0 3 5、1 3 4 5 応力緩和層
 1 4 0 1、1 4 1 1 光導波路部分
 1 4 0 2、1 4 1 2 応力緩和層部分

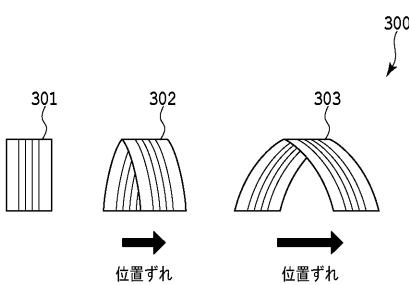
【図1】



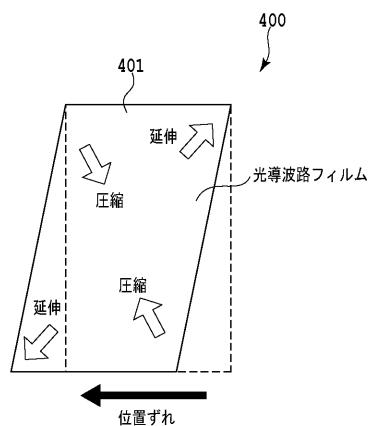
【図2】



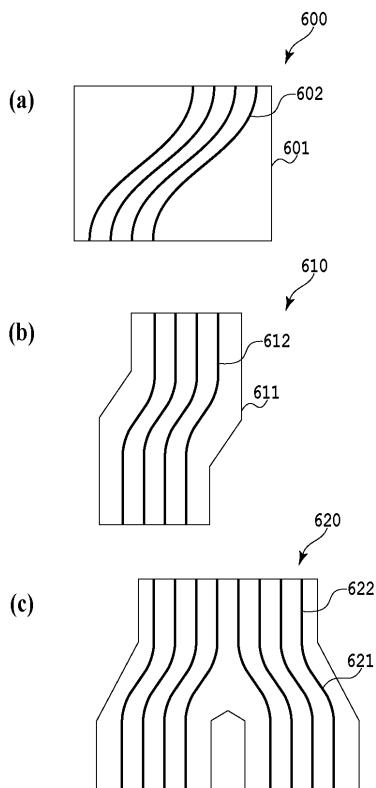
【図3】



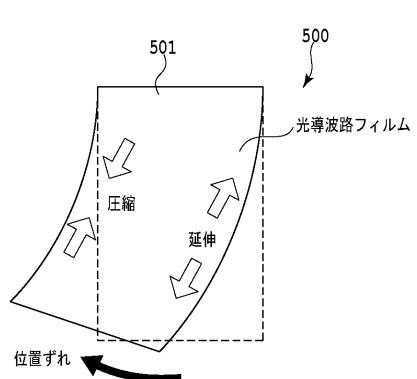
【図4】



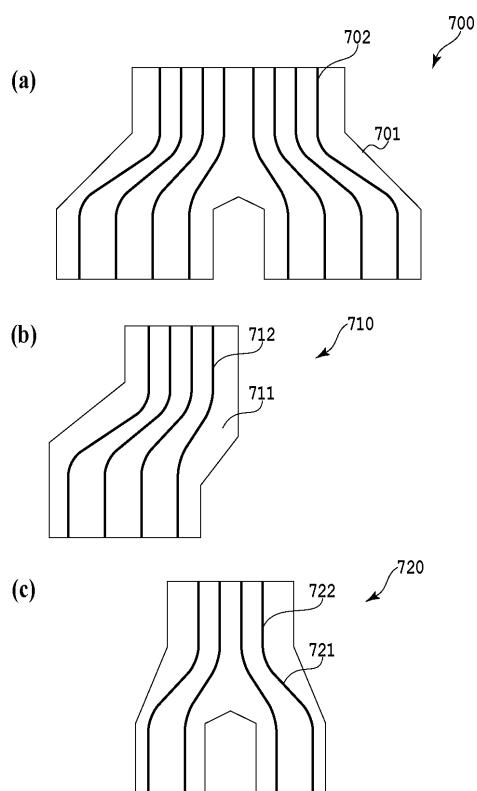
【図6】



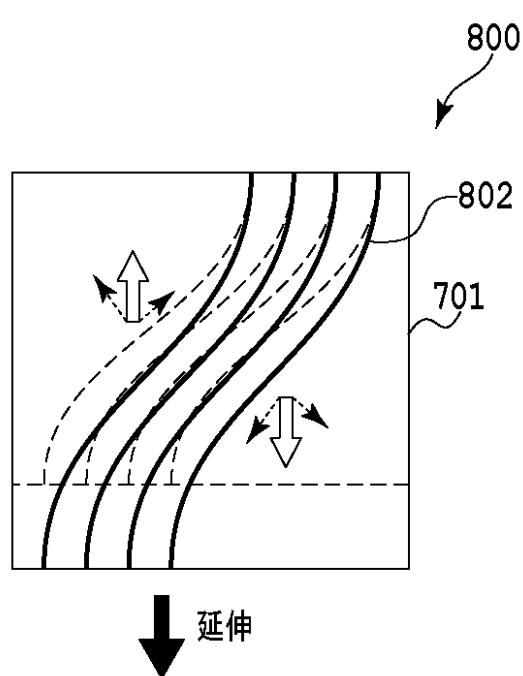
【図5】



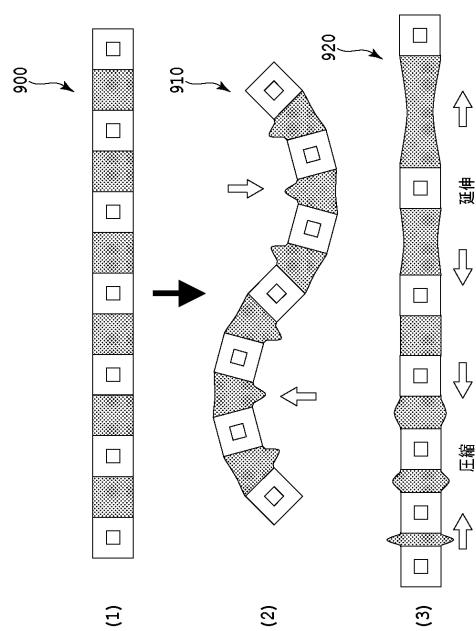
【図7】



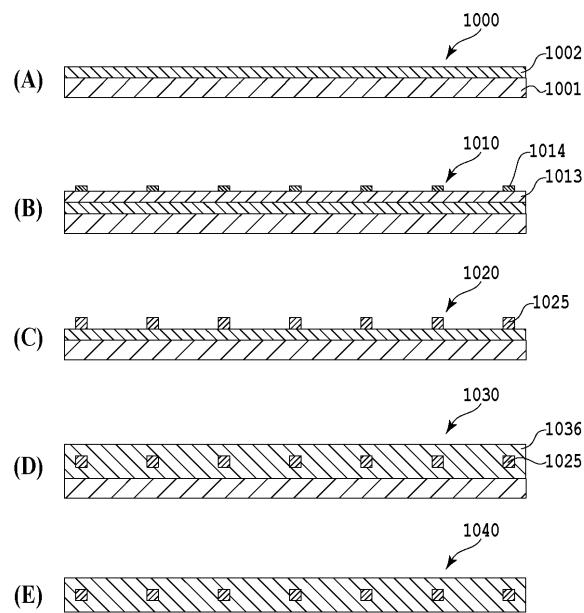
【図8】



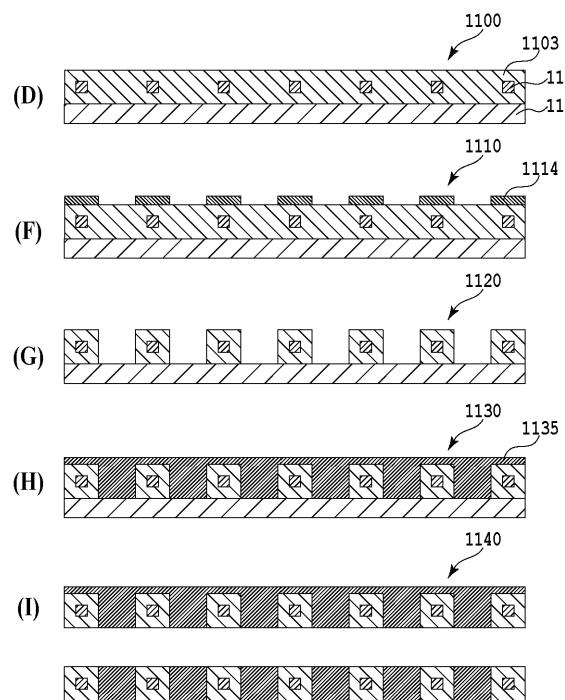
【図9】



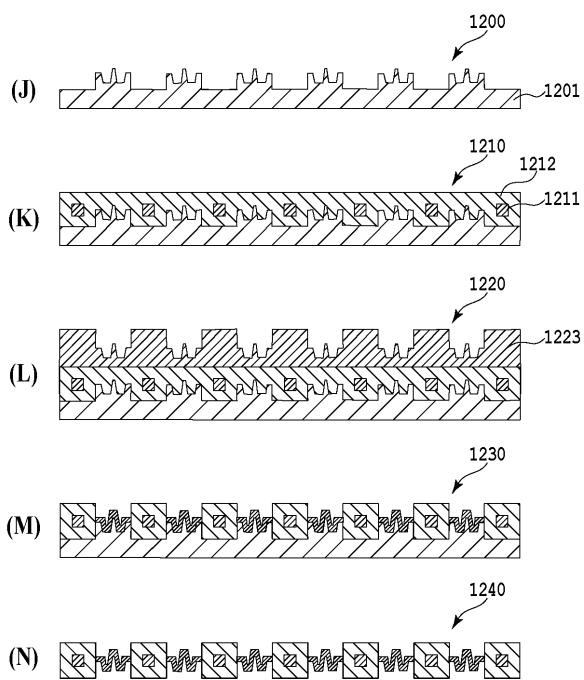
【図10】



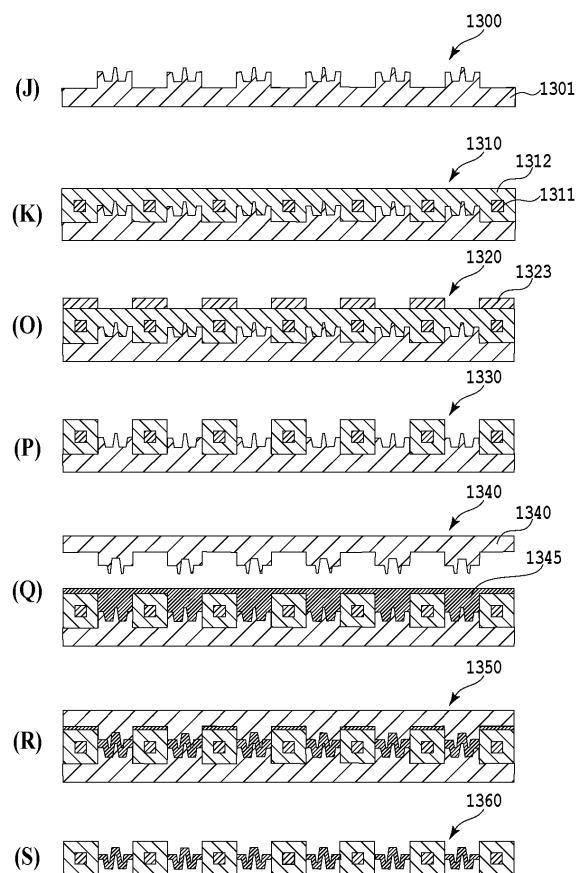
【図11】



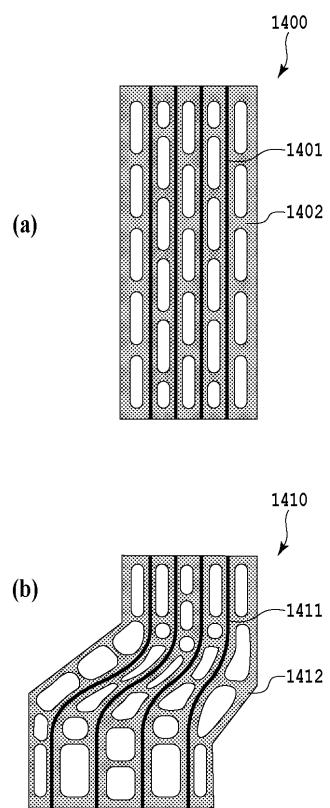
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 小勝負 信建
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 小林 潤也
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 小川 育生
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 笠原 亮一
神奈川県横浜市神奈川区新浦島町一丁目1番地32 NTTエレクトロニクス株式会社内

審査官 林 祥恵

(56)参考文献 特開平02-047606 (JP, A)
国際公開第2009/028172 (WO, A1)
国際公開第2007/132751 (WO, A1)
国際公開第2007/004575 (WO, A1)
特開2007-334236 (JP, A)
特開2001-108854 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12 - 6/14
G02B 6/08