

(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
2015年10月1日(01.10.2015)



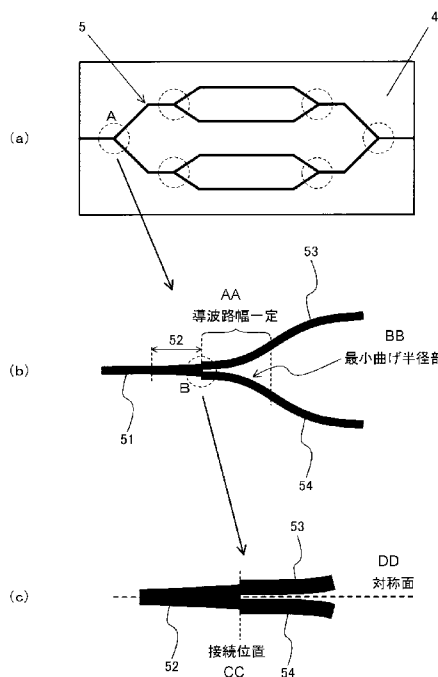
(10) 国際公開番号
WO 2015/147276 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/122 (2006.01) **G02B 6/125** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/059668
- (22) 国際出願日: 2015年3月27日(27.03.2015)
- (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 2014-069187 2014年3月28日(28.03.2014) JP
- (71) 出願人: 住友大阪セメント株式会社(SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮崎 徳一(MIYAZAKI Norikazu); 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 近藤 勝利(KONDOU Katsutoshi); 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 田村 爾, 外(TAMURA Chikashi et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂1丁目3番19号 芳明ビル4階 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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

(54) 発明の名称: 光導波路デバイス



AA Waveguide width constant
BB Minimum bending radius section
CC Connection position
DD Plane of symmetry

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an optical waveguide device that has little optical insertion loss even while achieving a decrease in size. Provided is an optical waveguide device having optical waveguides (5) formed on a substrate (4), and a merging/branching unit where optical waveguides branch or merge in at least a part of the optical waveguide, wherein: the merging/branching unit is configured so that a number N of optical waveguides (51) merge and then branch into a number M, greater than N, of optical waveguides (53, 54); at a position where the N optical waveguides and the M optical waveguides are directly connected to one another, an overall width (W1) of the N optical waveguides is smaller than an overall width (W2) of the M optical waveguides; and at this connection position, discontinuous stepped differences are formed on the outside contour of the optical waveguides.

(57) 要約: 小型化を実現しながら光挿入損失の少ない光導波路デバイスを提供することを目的とする。基板4に形成された光導波路5と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、該合分岐部が、N本の光導波路51が合流し、N本より多いM本の光導波路(53, 54)に分岐するよう構成されており、前記N本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記N本の光導波路の全体の幅W1は、前記M本の光導波路の全体の幅W2より小さく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする。

WO 2015/147276 A1



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

明 細 書

発明の名称：光導波路デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路デバイスに関し、特に、合分岐部を有する光導波路を備えた光導波路デバイスに関する。

背景技術

[0002] 光通信又は光計測などの技術分野では、光変調器又は光スイッチなどの光導波路デバイスが多く用いられている。光導波路デバイスでは、ニオブ酸リチウムなどの電気光学効果を有する基板又は半導体基板などの基板に光導波路が形成されている。

[0003] 光導波路のパターン形状としては、たとえば、マッハツェンダー型光導波路などのように、光導波路が複数に分岐する分岐部又は、複数の光導波路が合流する合波部が使用される。特に、大容量・高速伝送を実現するために、デジタルコヒーレント技術と共に、多値変調フォーマット又は偏波多重方式に対応した光変調器などが広く使われるようになってきている。このため、光導波路のパターン形状は、複数のマッハツェンダー型光導波路を集積した構成などのように、複雑化、大型化している。

[0004] 近年では、光通信装置の小型化・高密度実装化の要求に伴い、光導波路デバイスの小型化に対する市場ニーズが高まっている。光導波路デバイスを小型化するには、素子サイズに占める割合が高い、光導波路の分岐部又は合流部、所謂、合分岐部を小型化することが重要となる。

[0005] 合分岐部を小型化するには、光導波路を急激に曲げ（曲率半径を小さくし）たり、分岐する光導波路間の角度又は合流する光導波路間の角度を大きくするなどが考えられる。しかしながら、このような方法は、光導波路の曲げ部分又は結合部分で、光導波路から基板内に光導波路を伝搬する光波が漏出し、光導波路デバイスの光挿入損失が増加する。

[0006] 合分岐部の小型化のために、特許文献1又は2のような光導波路の構造が

提案されている。特許文献 1 では、図 1 に示すように、光導波路（合分岐部） 1、シングルモード伝搬する入出力導波路 1 1 と、この入出力導波路から分岐する一対の分岐導波路とを備えている。分岐導波路の形状は、入出力導波路 1 1 よりも光導波路の幅が広いマルチモード伝搬部 1 3 と、分岐端からマルチモード伝搬部に向かって光導波路の幅が大きくなる接続部 1 2 を備えている。

[0007] 図 1 のような構造の場合、分岐開始部分（分岐端）に近い曲げ部分で、光導波路の光閉じ込め不足による光の漏洩が発生する。しかも、接続部において、光導波路の延在方向と光導波路の幅が同時に変化するので、光の伝搬に対して大きな構造変化となり、光のモード変換による損失も発生し易くなる。

[0008] 仮に、分岐開始部分まで入出力導波路 1 1 の幅を大きくし、曲げによる放射を抑制する場合には、太くなった光導波路部分が、2 次よりも大きい高次モードが存在する光導波路となる。このような場合には、分岐開始部前後の光導波路構造が異なる、例えば、合分岐部の前後で光導波路の数に差異があると、分岐開始前後の電界分布が不整合となり、高次モードへの変換が発生し易く、過剰損失の増加又は光分岐比の波長依存性が発生する。

[0009] また、光導波路デバイスの駆動電圧の低下又は広帯域化のために、光導波路を形成する基板を、例えば、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚さにまで薄板化することも行われている。このような薄板を用いた光導波路構造の場合には、光の伝搬方向に垂直な断面において、断面横方向（厚さ方向に垂直な方向）の光電界分布の閉じ込めが弱い。薄板を用いた光導波路の曲げ部分による損失を低減するためには、さらに光導波路の閉じ込めを強くする必要がある。しかし、そのために光導波路の幅を広くすると、高次モードがより発生する光導波路条件になりやすく、また、合分岐部での光分岐比の波長依存性が大きな問題となる場合もある。しかも、薄板構造では、合分岐部で発生した漏洩光、特に分岐光導波路の間に発生した漏洩光が基板中を不要光として伝搬し、不要光が光導波路に再結合するなどの現象も発生し、光導波路デバイスの特性に

大きな影響を与えることとなる。

[0010] 特許文献2では、図2に示すように、光導波路（合分岐部）2を、シングルモード導波路21をテーパ部22によりマルチモード導波路23とし、マルチモード導波路（直線部）23から離間（ギャップG1）して配置される2つのシングルモード導波路（分岐導波路）24、25を備えた構造が提案されている。また、直線部23の幅W1を、2つの分岐導波路の端部の外側の側壁面間の間隔の幅W2より小さく設定することも開示されている。

[0011] しかしながら、図2のように、光導波路が分断された部分では、光導波路のモード変換が発生する。特に、薄板を用いた場合には、導波路24、25への導波モードだけでなく基板をコア層としたスラブモードへの変換が発生し、過剰損失の増加又はモード間の干渉により合分岐部の動作が不安定になるという問題がある。

[0012] また、特許文献3では、図3に示すように、光導波路（合分岐部）3を、主導波路31と2つの分岐導波路32とを所定の間隙（ギャップG）を隔てて配置し、光学的結合部33を形成する構成が開示されている。この構成により、分岐部における過剰損失の低減を図っている。

[0013] しかしながら、狭い間隙（ギャップG）を形成する部分又は、光導波路の幅が狭い部分の長さが長く、光導波路（合分岐部）3において、必要となる光導波路パターン精度を安定的に再現することが難しい。また、薄板に適用した場合には、特許文献2と同様に、光導波路端で基板をコア層としたスラブモードへの変換が発生し、合分岐部の動作が不安定になるという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：国際公開WO2010/082673号

特許文献2：特許第3970350号公報

特許文献3：特開平9-265018号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 本発明が解決しようとする課題は、上記の問題を解決し、小型化を実現しながら光挿入損失の少ない光導波路デバイスを提供することである。

課題を解決するための手段

[0016] 上記課題を解決するために、本発明の光導波路デバイスは、以下のような技術的特徴を有する。

(1) 基板に形成された光導波路と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、該合分岐部が、N本の光導波路が合流し、N本より多いM本の光導波路に分岐するよう構成されており、前記N本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記N本の光導波路の全体の幅 W_1 は、前記M本の光導波路の全体の幅 W_2 より小さく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする。

[0017] (2) 基板に形成された光導波路と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、該合分岐部が、N本の光導波路が合流し、1本の光導波路となり、その後、前記1本の光導波路がN本より多いM本の光導波路に分岐するよう構成されており、前記1本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記1本の光導波路の幅 W_3 は、前記M本の光導波路の全体の幅 W_2 より小さく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする。

[0018] (3) 上記(2)に記載の光導波路デバイスにおいて、前記N本の光導波路と前記1本の光導波路とを直接接続した位置において、前記N本の光導波路の全体の幅 W_1 は、前記1本の光導波路の幅 W_3 より大きく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする。

[0019] (4) 上記(1)乃至(3)のいずれかに記載の光導波路デバイスにおいて、該光導波路の該合分岐部の光伝播方向の上流側には、高次モード光を除

去するための分岐光導波路が配置されていることを特徴とする。

[0020] (5) 上記(1)乃至(4)のいずれかに記載の光導波路デバイスにおいて、該基板は、厚みが $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明により、基板に形成された光導波路と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、該合分岐部が、N本の光導波路が合流し、N本より多いM本の光導波路に分岐するよう構成されており、前記N本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記N本の光導波路の全体の幅 $W1$ は、前記M本の光導波路の全体の幅 $W2$ より小さく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されているので、M本の光導波路の分岐部から漏出する漏れ光を抑制し、合分岐部における過剰損失の少ない光導波路デバイスが得られる。

[0022] しかも、M本の光導波路（分岐光導波路）は分岐端からシングルモード導波路の幅を確保することも可能となるので、光閉じ込めが強く、光導波路（分岐光導波路）間の分岐角度を大きくとること、又は分岐光導波路の曲率半径を小さくすること等が可能となり、分岐光導波路間の広角化が実現でき、光導波路デバイスの小型化も実現することができる。

[0023] また、基板に形成された光導波路と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、該合分岐部が、N本の光導波路が合流し、1本の光導波路となり、その後、前記1本の光導波路がN本より多いM本の光導波路に分岐するよう構成されており、前記1本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記1本の光導波路の幅 $W3$ は、前記M本の光導波路の全体の幅 $W2$ より小さく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されているので、上述した発明と同様に、合分岐部での過剰損失を抑制し、光導波路デバイスの小型化も併せて実現することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]特許文献 1 に開示された合分岐部を説明する図である。

[図2]特許文献 2 に開示された合分岐部を説明する図である。

[図3]特許文献 3 に開示された合分岐部を説明する図である。

[図4]本発明の光導波路デバイスの構成を説明する図である。(a)は光導波路デバイス全体の平面図、(b)は(a)の符号Aの領域の拡大図、(c)は(b)の符号Bの領域の拡大図である。

[図5]本発明の光導波路デバイスにおける合分岐部の接続部分を拡大する図である。

[図6]本発明の光導波路デバイスにおける光波の電界分布を説明する図である。

[図7]本発明の光導波路デバイスの応用例を説明する図であり、合分岐部の前段に高次モード光除去手段を設けた例である。

[図8]2本の光導波路を合流し、3本の光導波路に分岐する例を説明する図である。(a)はマッハツェンダー型光導波路の全体を示す図であり、(b)は(a)における合流部Cの拡大図である。

[図9]2本の光導波路と3本の光導波路との間に1本の光導波路(接続部)を設けた例を説明する図である。

[図10]図7の応用例を用いて、従来例(a)と本発明(b)において、光伝搬法(BPM)による解析を行った結果を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明について好適例を用いて詳細に説明する。

本発明の光導波路デバイスは、図4乃至6に示すように、基板4に形成された光導波路5と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、該合分岐部が、N本の光導波路51が合流し、N本より多いM本の光導波路(53, 54)に分岐するよう構成されており、前記N本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記N本の光導波路の全体の幅W1は、前記M本の光導波路の全体の幅W2より小さく、当該接続位置において光導波路の外側

の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする。

[0026] 本発明の光導波路デバイスに使用される基板としては、例えばニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、PLZT（ジルコン酸チタン酸鉛ランタン）等のように、電気光学効果を有する材料を利用することが可能である。また、プレーナ光波回路（PLC）に用いられる石英系基板又は、ポリマー、半導体などの材料も利用することが可能である。

[0027] また、本発明は、基板の厚さが $20\mu\text{m}$ 以下の薄板を用いた光導波路デバイスに対しては、特に好適に適用することが可能である。これは、薄板自体がスラブ型の光導波路として機能し、光導波路による閉じ込めが弱くなるためである。

[0028] 本発明で利用する光導波路の形成は、Tiなどを用いた熱拡散法又は、プロトン交換法などで、基板表面に基板の屈折率より高い部分を形成する方法又は、基板にリッジ又はリブを形成し、凸部状の光導波路を形成する方法等を採用することができる。

[0029] 図4の中では、図示していないが、光導波路5に沿って、制御電極を形成することが可能である。制御電極は、例えば、変調信号を印加するための信号電極と接地電極又は、DC電圧を印加するためのバイアス用電極、光路切替を行うためのスイッチング電極など、機能又は目的に応じた各種のものが知られている。制御電極は、基板上に、Ti・Auなどの金属膜を蒸着法又はスパッタリング法により成膜し、フォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングしたり、金メッキ法などにより形成することが可能である。さらに、必要に応じて光導波路形成後の基板表面に誘電体 SiO_2 等のバッファ層を設け、光導波路の上側に形成した電極による光波の吸収又は散乱を抑制することも可能である。

[0030] 本発明の光導波路デバイスの特徴は、図4（a）～（c）に示す、光導波路の合分岐部の形状にある。図4（a）は、主マッハツエンダー型導波路の分岐導波路に副マッハツエンダー型導波路を組み込んだ、所謂、ネスト型の光導波路の例を示している。点線で囲んでいる部分は、光導波路の分岐部又

は合流部を示している。図4（b）は、図4（a）の点線領域Aの拡大図であり、図4（c）は、図4（b）の点線領域Bの拡大図である。

[0031] 本発明の一態様の光導波路デバイスでは、合分岐部前後の光導波路が線対称で、合分岐部の光導波路の本数は、図4（b）に示すように、分岐前が1本、分岐後が2本のY分岐（1×2分岐）を例示している。後述するように、本発明の光導波路デバイスに係る合分岐部の構成は、N本の光導波路が合流し、N本より多いM本の光導波路に分岐するような合分岐部に対して、適用することができる。また、本発明は接続部の光導波路本数の大小と光導波路幅との関係が重要であり、合分岐部の入出力方向が入れ替わった場合においても本発明の効果をを得ることができる。

[0032] 図4（b）に示すように、入力側の単独の光導波路51は、通常、シングルモード光導波路となるように光導波路の幅が設定される。その幅から接続部（図4（c）の接続位置）での電界の不連続を減少させるために、符号52に示すように、光導波路をテーパ状に太くする。分岐光導波路（53，54）側の接続部では、パターン精度の影響を少なくするために、分岐光導波路（53，54）間に間隙をもって接続される。

[0033] また、その際に、2分岐側の曲げ部での損失を低減させるので、個々の分岐光導波路に対しても、図4（b）のように、曲げ部分の最小曲率半径部の光導波路幅と同一の光導波路幅を用意してもよい。これにより分岐光導波路間の広角化を行うことができ、より小型で、曲げによる光の放射が抑制された光導波路デバイスを提供できる。

[0034] テーパ形状の光導波路52は、幅を広くし過ぎると、光の伝搬に対して大きな構造変化となり、光のモード変換による損失も発生する。本発明の一態様では、図4（c）及び図5に示すように、接続位置における光導波路の幅の関係に関しては、分岐開始前後の本数の少ない側の光導波路幅 $W1$ を光導波路本数が多い側の光導波路の全幅を $W2$ とすると、 $W1 < W2$ となるように設定している。これにより合分岐部の接続前後の光電界分布の整合が高くなり、損失又は分岐比の波長依存性を低減することができる。図5及び図6

に伝搬する光波の電界分布を符号L 1～L 5で模式的に図示している。

[0035] 本発明に係る合分岐部では、合流する光導波路の全体の幅W 1と、分岐する光導波路の全体の幅W 2が、 $W 1 < W 2$ として、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差を形成している。従来は、このような段差は光波の散乱を誘発し、過剰損失の発生原因と考えられていたが、本発明者らは鋭意研究を重ねた結果、このような段差があっても、分岐導波路の幅をより広く確保する方が、結果として、過剰損失を低減することを見出し、本発明を完成させたものである。

[0036] 合分岐部における光閉じ込めを改善することで、図6に示すような漏洩光L 0の発生を抑制できる。その結果、マッハツェンダー型光導波路において、合分岐部又は曲げに要する素子サイズが小さくなり、小型でありながら、挿入損失及びOn/Off消光比などの特性が優れた光導波路デバイスを得ることができる。

[0037] 図7は、本発明に係る光導波路デバイスの別の実施例で、合分岐部(5 1～5 4)の光伝搬方向の上流側(光導波路5 0)には、分岐光導波路(5 5, 5 6)が配置されている例である。この分岐光導波路(5 5, 5 6)を設けることで、高次モード光が、合分岐部に入ることを防止することが可能となる。このような構造を採用することで、例えばファイバ接続のずれ又は、曲げなどにより、光の電界分布が光導波路の中心からずれた場合においても、分岐比の波長依存性のばらつきを抑制することができる。特に、導波路基板が $20\mu\text{m}$ 以下の薄板である場合にはより効果がある。当然、合分岐部の形状は、図5等にした形状を採用している。

[0038] 図8(b)は、合流する光導波路が2本で、分岐する光導波路が3本の合分岐部(2×3分岐)を示す。例えば、図8(a)に示すように、合流する2つの光導波路(6 1, 6 2)が、マッハツェンダー型光導波路の2つの分岐光導波路であり、分岐する3つの光導波路の内、中央が出力用光導波路6 3、その出力用光導波路を挟む2つの光導波路(6 4, 6 5)は、合流部の漏洩光を導波する漏洩光用光導波路とすることもできる。

- [0039] 図8のような場合にも、合流側の光導波路の全体の幅 W_1 を、分岐側の光導波路の全体の幅 W_2 よりも小さくすることで、 1×2 分岐のY分岐の場合と同様に、過剰損失を抑制することが可能となる。
- [0040] さらに、図9に示すように、合分岐部が、2本(N本)の光導波路(71, 72)が合流し、1本の光導波路73となり、その後、前記1本の光導波路73がN本より多い3本(M本)の光導波路に分岐するよう構成している。過剰損失を抑制するには、前記1本の光導波路73と前記2本(M本)の光導波路とを直接接続した位置において、前記1本の光導波路の幅 W_3 は、前記M本の光導波路の全体の幅 W_2 より小さく設定し、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成してもよい。
- [0041] さらに、図9の合分岐部では、前記2本(N本)の光導波路(71, 72)と前記1本の光導波路73とを直接接続した位置においても、前記N本の光導波路の全体の幅 W_1 は、前記1本の光導波路の幅 W_3 より大きく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差を形成することで、過剰損失を抑制することができる。
- [0042] 本発明に係る合分岐部の効果を確認するため、図7のような分岐光導波路(55, 56)を前段に備えた合分岐部について、光伝搬法(BPM)による解析を行った。そのシミュレーション結果を図10に示す。図10(a)は、従来例であり、合分岐部の接続位置における光導波路の幅を $W_1 = W_2$ とし、光導波路の外側の輪郭は連続的に接続されている。
- [0043] これに対し、図10(b)は、本発明に係る合分岐部であり、図5のような形状となっている。図10(a)と(b)とを対比すると、従来例の方が、分岐光導波路間の分岐端から漏洩光が発生していることが容易に理解される。
- [0044] さらに、光伝搬法による解析結果から、光導波路の幅の比 W_1 / W_2 を変化させた場合の光閉じ込め効果を調べた。 W_1 / W_2 が0.5~0.9の範囲である程度の漏洩光の抑制効果が確認できた。より好ましくは、0.6~0.8の範囲であった。

[0045] 光導波路の幅の比 $W1/W2$ をこの範囲に設定することで、接続部での不要光への結合又はモード変換を減少させ、損失又は分岐比がより安定した光導波路デバイスを得ることができる。また、曲げ導波路部についても、接続部から最小曲げ半径部にかけて、光導波路の光閉じ込めが高い光導波路幅を用いることが可能となり、より伝搬損失が小さく、放射損失も抑制されるので、後段の光導波路との再結合を防ぐことができる。

産業上の利用可能性

[0046] 本発明によれば、小型化を実現しながら光挿入損失の少ない光導波路デバイスを提供することが可能になる。

符号の説明

- [0047] 4 基板
5, 50～74 光導波路
6, 7 合分岐部

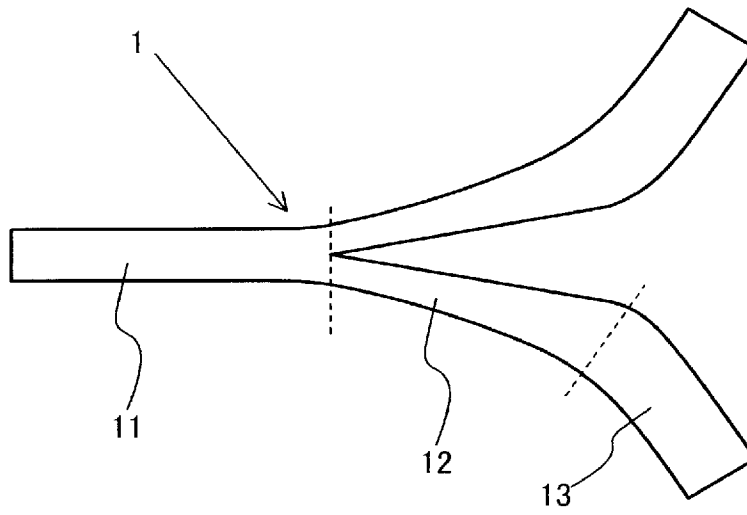
請求の範囲

- [請求項1] 基板に形成された光導波路と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、
- 、
- 該合分岐部が、N本の光導波路が合流し、N本より多いM本の光導波路に分岐するよう構成されており、
- 前記N本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記N本の光導波路の全体の幅W1は、前記M本の光導波路の全体の幅W2より小さく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする光導波路デバイス。
- [請求項2] 基板に形成された光導波路と、該光導波路の少なくとも一部に光導波路が分岐又は合流する合分岐部を有する光導波路デバイスにおいて、
- 、
- 該合分岐部が、N本の光導波路が合流し、1本の光導波路となり、その後、前記1本の光導波路がN本より多いM本の光導波路に分岐するよう構成されており、
- 前記1本の光導波路と前記M本の光導波路とを直接接続した位置において、前記1本の光導波路の幅W3は、前記M本の光導波路の全体の幅W2より小さく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする光導波路デバイス。
- 。
- [請求項3] 請求項2に記載の光導波路デバイスにおいて、前記N本の光導波路と前記1本の光導波路とを直接接続した位置において、前記N本の光導波路の全体の幅W1は、前記1本の光導波路の幅W3より大きく、当該接続位置において光導波路の外側の輪郭には不連続な段差が形成されていることを特徴とする光導波路デバイス。
- [請求項4] 請求項1乃至3のいずれかに記載の光導波路デバイスにおいて、該

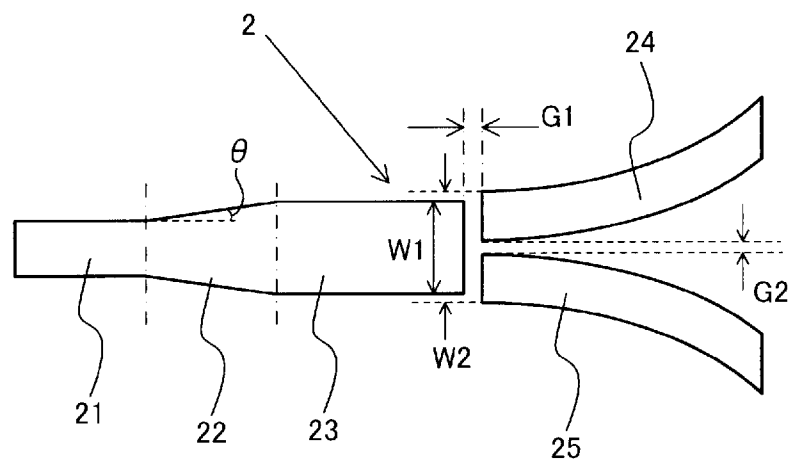
光導波路の該合分岐部の光伝播方向の上流側には、高次モード光を除去するための分岐光導波路が配置されていることを特徴とする光導波路デバイス。

[請求項5] 請求項1乃至4のいずれかに記載の光導波路デバイスにおいて、該基板は、厚みが20 μm 以下であることを特徴とする光導波路デバイス。

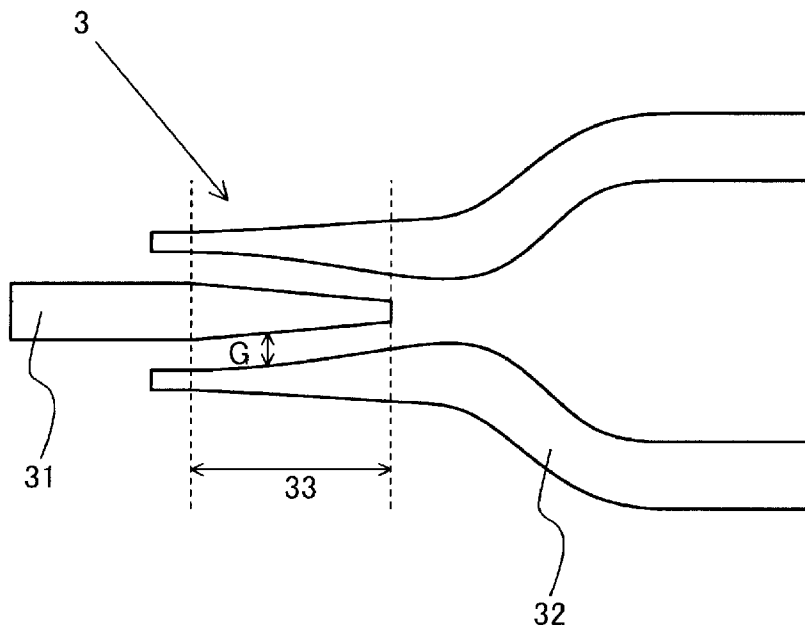
[図1]



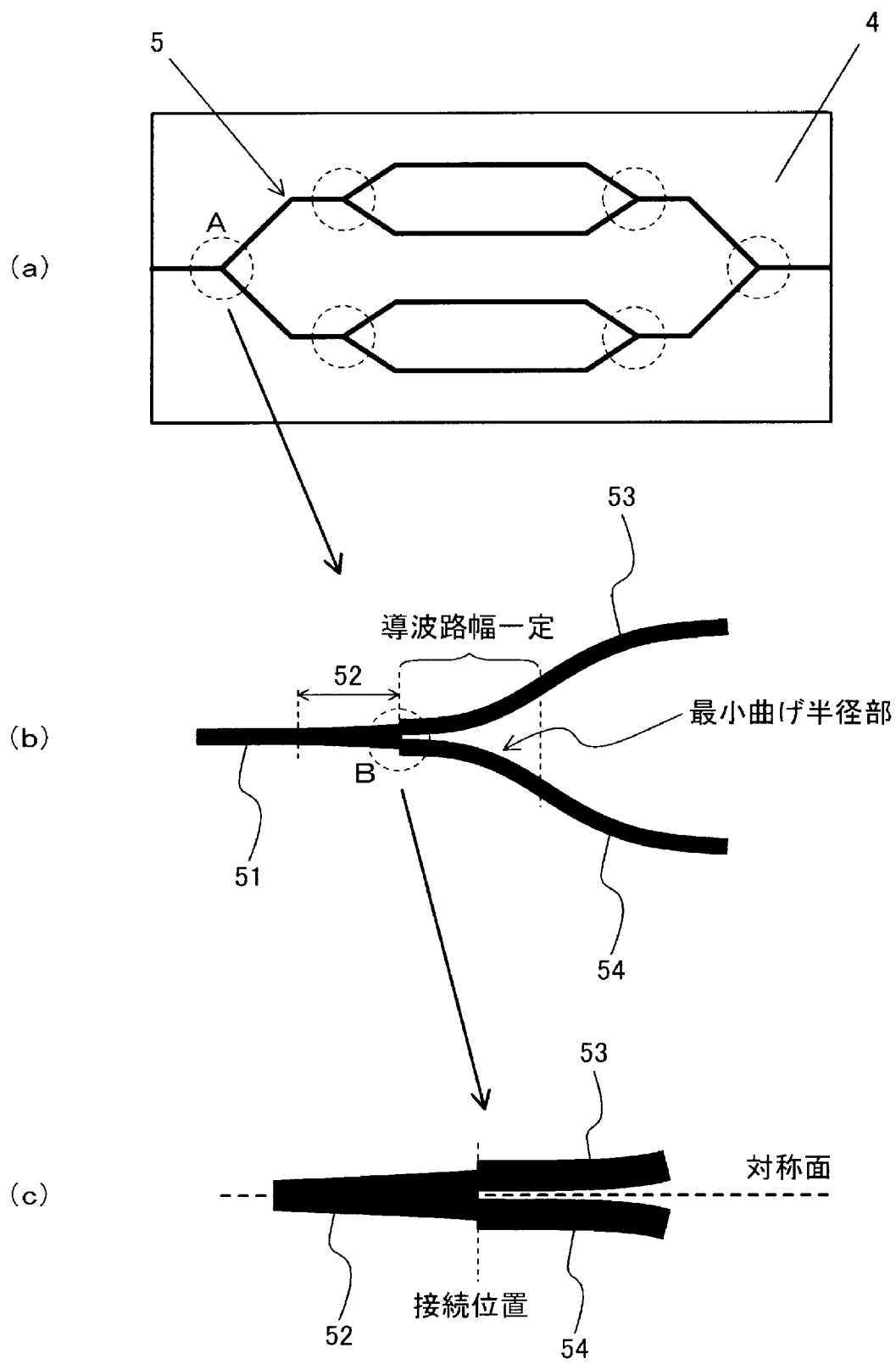
[図2]



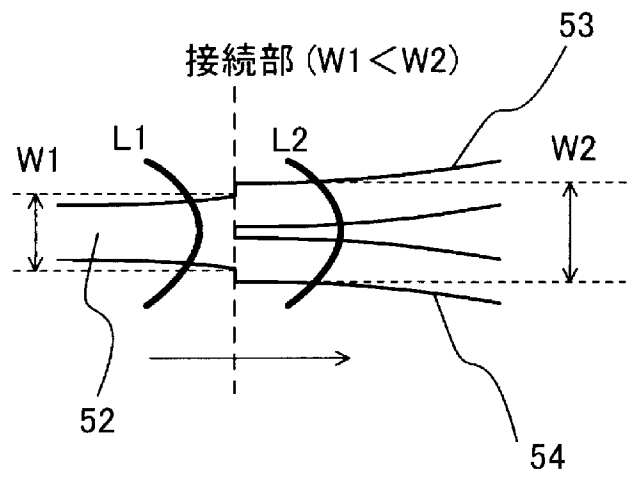
[図3]



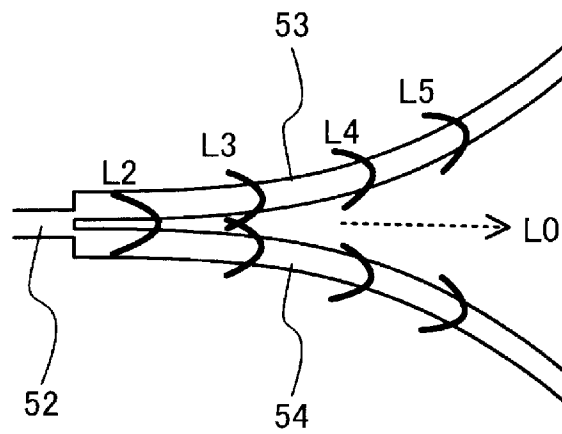
[図4]



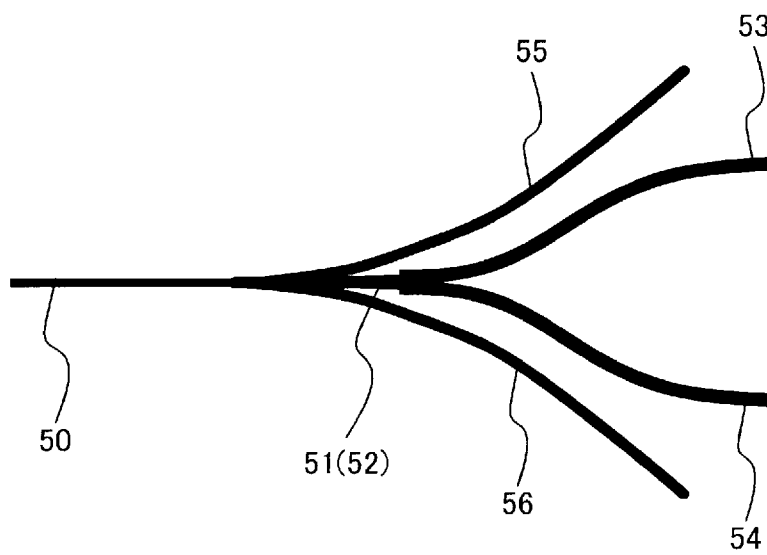
[図5]



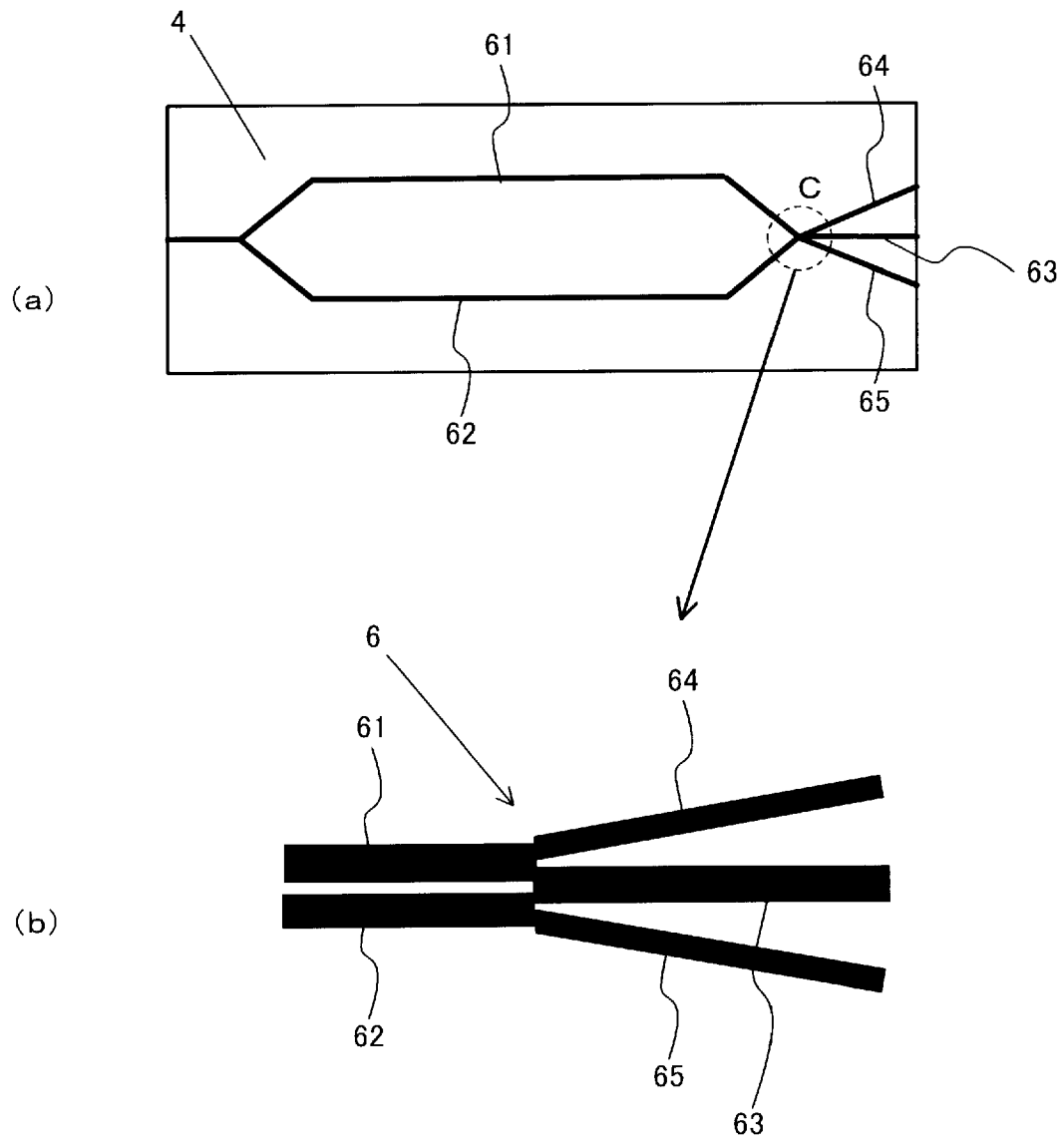
[図6]



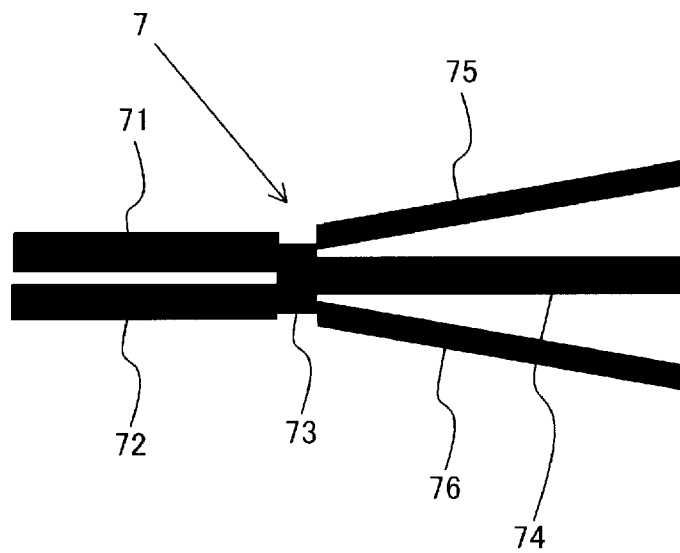
[図7]



[図8]

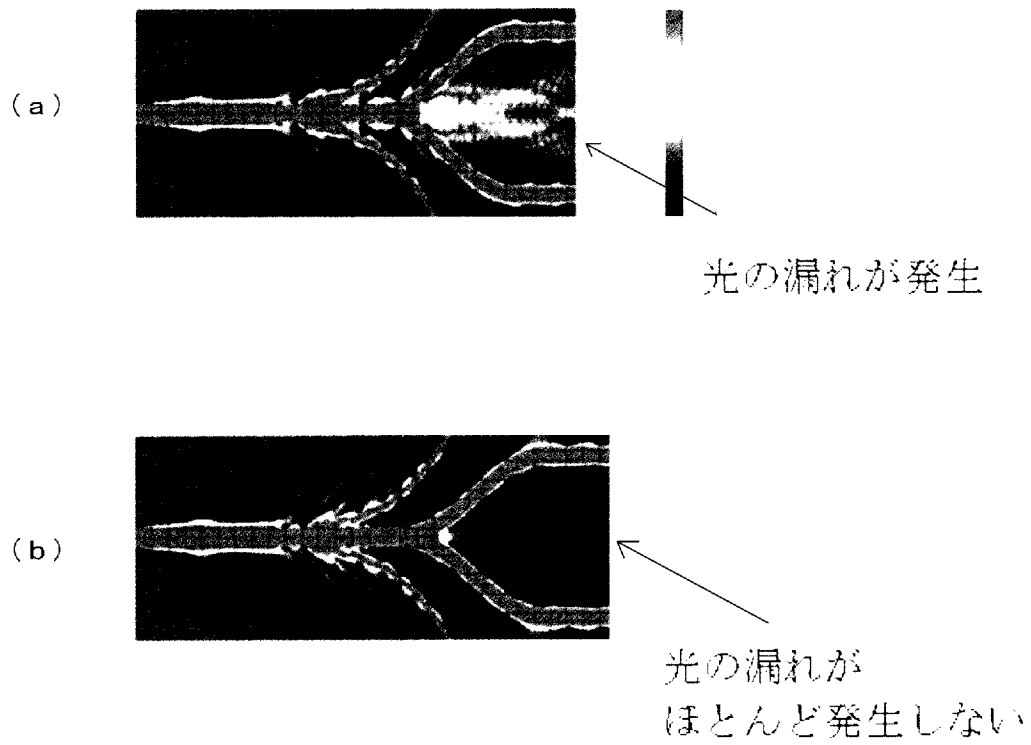


[図9]



[図10]

光伝搬解析（BPM法）結果



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/122(2006.01) i, G02B6/125(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)

G02B6/12-6/14

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y	JP 9-33740 A (Hitachi Cable, Ltd.), 07 February 1997 (07.02.1997), paragraph [0016]; fig. 1 (Family: none)	1 2-5
X Y	JP 2011-18072 A (Hitachi Chemical Co., Ltd.), 27 January 2011 (27.01.2011), paragraph [0053]; fig. 6 & JP 5413339 B2 & US 2007/0031087 A1 & US 7457498 B2 & WO 2005/101075 A1 & KR 10-2006-0135053 A & KR 100811336 B1 & CN 1942795 A & CN 100555011 C & TW 200535106 A	1 2-5

☒ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 June 2015 (02.06.15)

Date of mailing of the international search report
16 June 2015 (16.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059668

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-186258 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 22 September 2011 (22.09.2011), paragraphs [0029] to [0035]; fig. 4 & US 2013/0064492 A1 & US 8923658 B2 & WO 2011/111726 A1 & CN 102792198 A	2-5
Y	JP 2008-89875 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 17 April 2008 (17.04.2008), paragraphs [0027], [0029]; fig. 4(a) & JP 49691481 B2	4-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B6/122(2006.01)i, G02B6/125(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（I P C））

Int.Cl. G02B6/12-6/14

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X Y	JP 9-33740 A（日立電線株式会社）1997.02.07, 段落 [0 0 1 6]、 図 1（ファミリーなし）	1 2-5
X Y	JP 2011-18072 A（日立化成工業株式会社）2011.01.27, 段落 [0 0 5 3]、図 6 & JP 5413339 B2 & US 2007/0031087 A1 & US 7457498 B2 & WO 2005/101075 A1 & KR 10-2006-0135053 A & KR 100811336 B1 & CN 1942795 A & CN 100555011 C & TW 200535106 A	1 2-5

☒ 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。

* 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

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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

佐藤 宙子

2 X

5 7 0 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

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 2011-186258 A (住友大阪セメント株式会社) 2011. 09. 22, 段落 [0 0 2 9] - [0 0 3 5], 図 4 & US 2013/0064492 A1 & US 8923658 B2 & WO 2011/111726 A1 & CN 102792198 A	2-5
Y	JP 2008-89875 A (住友大阪セメント株式会社) 2008. 04. 17, 段落 [0 0 2 7], [0 0 2 9], 図 4 (a) & JP 49691481 B2	4-5