



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201710723 A

(43) 公開日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 16 日

(21) 申請案號：105124663 (22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 03 日
(51) Int. Cl. : G02B6/028 (2006.01) G02B6/036 (2006.01)
(30) 優先權：2015/08/04 日本 2015-154011
(71) 申請人：旭硝子股份有限公司 (日本) ASAHI GLASS COMPANY, LIMITED (JP)
日本
(72) 發明人：大原盛輝 OHARA, SEIKI (JP) ; 武信省太郎 TAKENOBU, SHOTARO (JP)
(74) 代理人：陳長文
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：8 共 25 頁

(54) 名稱

樹脂光波導

(57) 摘要

本發明係一種樹脂光波導，其特徵在於：其係具備芯體以及折射率低於該芯體之下包覆層及上包覆層者，於上述樹脂光波導之一端側，設置有不存在上包覆層而露出芯體之芯體露出部，且上述下包覆層中相當於上述芯體露出部之部位具有滿足下述(1)、(2)之芯體附近區域：(1)上述芯體附近區域係自上述芯體之距離為 x 以內之區域，該 x 為 $5\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下；(2)上述芯體附近區域具有如下折射率分佈：與上述芯體之界面側之折射率為高，相對於與該芯體之界面之遠位側之折射率變低。

發明摘要

※ 申請案號：10574663.

G02B 6/028 (2006.01)

※ 申請日：105.8.3.

※IPC 分類：G02B 6/028 (2006.01)

【發明名稱】

樹脂光波導

【中文】

本發明係一種樹脂光波導，其特徵在於：其係具備芯體以及折射率低於該芯體之下包覆層及上包覆層者，於上述樹脂光波導之一端側，設置有不存在上包覆層而露出芯體之芯體露出部，且上述下包覆層中相當於上述芯體露出部之部位具有滿足下述(1)、(2)之芯體附近區域：

(1)上述芯體附近區域係自上述芯體之距離為x以內之區域，該x為5 μm以上且20 μm以下；

(2)上述芯體附近區域具有如下折射率分佈：與上述芯體之界面側之折射率為高，相對於與該芯體之界面之遠位側之折射率變低。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

樹脂光波導

【技術領域】

本發明係關於一種樹脂光波導。

【先前技術】

於非專利文獻1、2、或專利文獻1中提出有低損失且低成本地連接矽光波導與樹脂光波導之矽光子介面。本說明書中之所謂矽光波導係指於矽晶片上形成有作為(單模)光波導發揮功能之芯體包覆層構造者。

圖3係表示此種矽光子介面之一構成例之立體圖，圖4為其側視圖。

於圖3、4所示之樹脂光波導晶片300形成有1條或複數條樹脂光波導310。於樹脂光波導晶片300之一端側，樹脂光波導310與形成於矽光波導晶片200上之矽光波導(未圖示)連接。樹脂光波導晶片300之另一端側收容於連接器100內。

圖5係表示用於上述目的之樹脂光波導之一構成例之立體圖。

圖5所示之樹脂光波導310係於芯體320之周圍配置有下包覆層330及上包覆層340。但是，於圖3、4中，與形成於矽光波導晶片200上之矽光波導(未圖示)連接之側之前端成為未配置上包覆層340而使芯體320露出於外部之芯體露出部350。

圖6係表示於圖3、4所示之矽光子介面中矽光波導210與樹脂光波導310之連接部之剖視圖，樹脂光波導310係圖5所示之樹脂光波導310。於圖6中，將矽光波導210與樹脂光波導310以樹脂光波導310之

芯體320面向矽光波導210之狀態使用環氧樹脂連接。

圖7係用以說明圖3、4所示之矽光子介面中之光之傳輸之模式圖。於圖7中，藉由絕熱耦合(adiabatic coupling)，光自矽光波導210之芯體220向於樹脂光波導310前端露出之芯體320傳輸。繼而，光自樹脂光波導310之芯體320向光纖130之芯體140傳輸。

[先前技術文獻]

[非專利文獻]

非專利文獻1：Jie Shu, Ciyuan Qiu, Xuezhi Zhang, and Qianfan Xu, "Efficient coupler between chip-level and board-level optical waveguides", OPTICS LETTERS, Vol.36, No.18, pp3614-3616(2011)

非專利文獻2：Tymon Barwics, and Yoichi Taira, "Low-Cost Interfacing of Fibers to Nanophotonic Waveguides: Design for Fabrication and Assembly Tolerances", IEEE Photonics Journal, Vol.6, No.4, August, 660818(2014)

[專利文獻]

專利文獻1：美國專利第8,724,937號說明書

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

圖5所示之樹脂光波導310係於安裝於圖3、4所示之矽光子介面之前，以與先前之樹脂光波導同樣之程序實施性能評價。於樹脂光波導之性能評價中，將單模光纖連接於樹脂光波導之前端。圖8係用以說明於圖5所示之樹脂光波導310之前端連接有單模光纖時之光之傳播之模式圖。於圖5所示之樹脂光波導310與單模光纖400之連接中存在如下問題：一部分光自樹脂光波導310之前端之芯體320露出之部位放射後未得以傳輸，又，產生連接損失。該連接損失於安裝於圖3、4所示之矽光子介面時並未產生，對於性能評價結果之可靠性降低。

本發明之目的在於，為了解決上述先前技術之問題，提供一種樹脂光波導，其適宜用於低損失且低成本地連接矽光波導與樹脂光波導之矽光子介面，且使用單模光纖之性能評價之可靠性較高。

[解決問題之技術手段]

為了達成上述目的，本發明提供一種樹脂光波導，其特徵在於：其係具備芯體以及折射率低於該芯體之下包覆層及上包覆層者，於上述樹脂光波導之一端側，設置有不存在上包覆層而露出芯體之芯體露出部，

上述下包覆層中相當於上述芯體露出部之部位具有滿足下述(1)、(2)之芯體附近區域：

(1)上述芯體附近區域係自上述芯體之距離為 x 以內之區域，該 x 為 $5\ \mu\text{m}$ 以上且 $20\ \mu\text{m}$ 以下；

(2)上述芯體附近區域具有如下折射率分佈：與上述芯體之界面側之折射率為高，相對於與該芯體之界面之遠位側之折射率變低。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為，上述芯體露出部之光傳輸方向之長度為 $100\ \mu\text{m}$ 以上。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為，上述芯體附近區域之折射率分佈為 $0.00004/\mu\text{m}$ 以上。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為，上述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最大值 n_{max} 與最小值 n_{min} 之差($n_{\text{max}} - n_{\text{min}}$)為 0.0001 以上。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為，上述芯體中之折射率之最大值 n'_{max} 與上述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最大值 n_{max} 之差($n'_{\text{max}} - n_{\text{max}}$)為 $0.008 \sim 0.02$ 。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為，上述下包覆層之相當於上述芯體露出部之部位中，上述芯體附近區域以外之部位之折射率為上

述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最小值 n_{\min} 以下。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為，上述下包覆層之厚度為10 μm 以上。

本發明之樹脂光波導較佳為於波長1310 nm及波長1550 nm之至少一者下為單模光波導。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為上述樹脂光波導之芯體尺寸為1~10 μm 。

於本發明之樹脂光波導中，較佳為上述樹脂光波導之芯體包含含有氟之樹脂。

又，本發明提供一種樹脂光波導，其特徵在於：其係具備芯體以及折射率低於該芯體之下包覆層及上包覆層者，

於上述樹脂光波導之一端側，設置有不存在上包覆層而露出芯體及與該芯體鄰接之下包覆層之芯體露出部，樹脂光波導之光傳輸方向之該芯體露出部之長度為500 μm 以上，且

上述下包覆層中相當於上述芯體露出部之部位具有滿足下述(1)~(3)之芯體附近區域：

(1)上述芯體附近區域係自上述芯體之距離為 x 以內之區域， x 為10 μm 以上且20 μm 以下；

(2)上述芯體附近區域具有如下折射率分佈：與上述芯體之界面側之折射率為高，相對於與該芯體之界面之遠位側之折射率變低；

(3)上述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最大值 n_{\max} 與最小值 n_{\min} 之差($n_{\max} - n_{\min}$)為0.001以上。

本發明之樹脂光波導較佳為於上述芯體露出部與矽光波導連接。

[發明之效果]

本發明之樹脂光波導適宜用於低損失且低成本地連接矽光波導

與樹脂光波導之矽光子介面。

本發明之樹脂光波導於使用單模光纖之性能評價時之連接損失少，性能評價之可靠性高。

【圖式簡單說明】

圖1係表示本發明之樹脂光波導之一構成例之立體圖。

圖2係表示實施例中之樹脂光波導與單模光纖之連接部之模式圖。

圖3係表示矽光子介面之一構成例之立體圖。

圖4係圖3之矽光子介面之側視圖。

圖5係表示用於圖3、4之矽光子介面之樹脂光波導之一構成例之立體圖。

圖6係表示於圖3、4所示之矽光子介面中形成於矽光波導晶片200上之矽光波導與樹脂光波導310之連接部之剖視圖。

圖7係用以說明圖3、4所示之矽光子介面中之光之傳輸之模式圖。

圖8係用以說明於圖5所示之樹脂光波導310之前端連接有單模光纖時之光之傳播之模式圖。

【實施方式】

以下，參照圖式說明本發明。

圖1係表示本發明之樹脂光波導之一構成例之立體圖。圖1所示之樹脂光波導10具備芯體11以及折射率低於該芯體11之下包覆層12及上包覆層13。於芯體11之下方配置有下包覆層12，於芯體11之上方配置有上包覆層13。但是，於樹脂光波導10之一端側設置有不存在上包覆層13而露出芯體11之芯體露出部14。

再者，於本發明之樹脂光波導中，將配置於芯體周圍之下包覆層及上包覆層中不存在於芯體露出部之側作為上包覆層。因此，亦可

於芯體之上方配置下包覆層，於芯體之下方配置上包覆層。

該芯體露出部14成為將樹脂光波導10用作矽光子介面時與矽光波導之連接部位。因此，要求芯體露出部14具有足夠用作與矽光波導之連接部位的長度。本發明之樹脂光波導10較佳為樹脂光波導之光傳輸方向之芯體露出部14之長度為100 μm 以上，其係足夠用作與矽光波導之連接部位的長度。再者，所謂樹脂光波導之光傳輸方向係指芯體11之長軸方向。

芯體露出部14之樹脂光波導之光傳輸方向之長度更佳為300 μm 以上，進而較佳為500 μm 以上，進而更佳為1000 μm 以上。

但是，若樹脂光波導之光傳輸方向之芯體露出部14之長度過長，則於使用接著劑(例如環氧樹脂)與矽光波導連接時，有因接著劑之吸收而導致連接損失變大之虞。因此，樹脂光波導之光傳輸方向之芯體露出部14之長度較佳為10000 μm 以下，更佳為5000 μm 以下，進而較佳為3000 μm 以下。

於樹脂光波導10中，下包覆層12及上包覆層13之折射率低於芯體11之原因在於，防止於芯體11中傳播之光向下包覆層12側或上包覆層13側放射。

如上所述，如圖8所示，於連接具有芯體露出部之樹脂光波導310與單模光纖400時，於不存在上包覆層340之芯體露出部，成為芯體320露出之狀態。由於樹脂光波導310之性能評價係於芯體露出部存在於空氣中或水中之狀態下實施，故而芯體320之露出面與空氣或水接觸，但空氣或水之折射率小於樹脂光波導310之芯體320之材料或下包覆層330之材料。其結果為，於芯體320中傳輸之光之一部分向下包覆層330側放射，導致產生連接損失。

本發明之樹脂光波導10中，下包覆層12中相當於芯體露出部14之部位具有滿足下述(1)、(2)之芯體附近區域，藉此，抑制與單模光

纖之連接時之連接損失。

(1)芯體附近區域係自芯體11之距離為 x 以內之區域， x 為 $5\ \mu\text{m}$ 以上且 $20\ \mu\text{m}$ 以下。

(2)芯體附近區域具有如下折射率分佈：與芯體11之界面側之折射率較高，相對於與該芯體11之界面之遠位側之折射率變低。

藉由於芯體附近區域設置芯體11近位側之折射率較高、芯體11遠位側之折射率變低之折射率分佈，從而，於芯體露出部14，可抑制於芯體11中傳輸之光向下包覆層12側放射，可抑制與單模光纖之連接時之連接損失。再者，上述(2)中之折射率分佈係藉由自與芯體11之界面側朝向相對於與該芯體11之界面之遠位側而折射率連續地變低而產生。

此處，將芯體附近區域設為自芯體11之距離為 x 以內之區域， x 設為 $5\ \mu\text{m}$ 以上，藉此，於芯體露出部14，抑制於芯體11中傳輸之光向下包覆層12側放射。再者，將 x 之上限設為 $20\ \mu\text{m}$ 之原因在於，即便於自芯體11之距離為 $20\ \mu\text{m}$ 以上之區域設置上述折射率分佈，對抑制與上述單模光纖之連接時之連接損失之效果之幫助亦較少。

於本發明之樹脂光波導10中，就抑制與上述單模光纖之連接時之連接損失之效果之方面而言，較佳為芯體附近區域之折射率分佈為 $0.00004/\mu\text{m}$ 以上。

芯體附近區域之折射率分佈較佳為 $0.00007/\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $0.000075/\mu\text{m}$ 以上，進而較佳為 $0.0001/\mu\text{m}$ 以上，尤佳為 $0.0002/\mu\text{m}$ 以上。

再者，折射率分佈之上限值並無特別限定，例如因下述製造方法等而可設為 0.00035 。

關於芯體附近區域中之下包覆層12之折射率，相對於芯體11之近位側之折射率成為最大值 n_{max} ，相對於芯體11之遠位側之折射率成為

最小值 n_{\min} 。就抑制與單模光纖之連接時之連接損失之方面而言，芯體附近區域中之下包覆層12之折射率之最大值 n_{\max} 與最小值 n_{\min} 之差($n_{\max} - n_{\min}$)較佳為0.0001以上，更佳為0.0002以上，進而較佳為0.0004以上，尤佳為0.0008以上。

再者，折射率之最大值 n_{\max} 與最小值 n_{\min} 之差之上限值並無特別限定，例如因下述製造方法等而可設為0.0035。

就兼顧抑制與矽光波導之連接損失、及抑制與單模光纖之連接時之連接損失之方面而言，芯體11中之折射率之最大值 n'_{\max} 與芯體附近區域中之下包覆層12之折射率之最大值 n_{\max} 之差($n'_{\max} - n_{\max}$)較佳為0.008~0.02。此處，設為芯體11中之折射率之最大值 n'_{\max} 之原因在於，考慮到於芯體11亦存在折射率分佈之情形。

$n'_{\max} - n_{\max}$ 更佳為0.010~0.015。

於本發明之樹脂光波導中，就抑制與單模光纖之連接時之連接損失之方面而言，較佳為下包覆層12之相當於芯體露出部之部位中芯體附近區域以外之部位之折射率為芯體附近區域中之下包覆層12之折射率之最小值 n_{\min} 以下。該芯體附近區域以外之下包覆層12之折射率只要為最小值 n_{\min} 以下，則無特別限定。因此，上述芯體附近區域以外之部位之折射率可為全部相同之數值，亦可與芯體附近區域之情形同樣地具有朝向相對於芯體11之遠位側而折射率進一步變低之折射率分佈。

又，於本發明之樹脂光波導中，根據下包覆層12之厚度，下包覆層12之相當於芯體露出部之部位整體亦可為滿足上述(1)、(2)、較佳為滿足上述(1)~(3)之芯體附近區域。於此情形時，下包覆層12之厚度與上述x一致。

又，於本發明之樹脂光波導中，關於在芯體11之上下配置有上包覆層13及下包覆層12的部位之下包覆層12之折射率，只要包含芯體附

近區域在內之所有區域均為低於芯體11之折射率之數值，則無特別限定。因此，例如關於該部位之下包覆層12，折射率可為全部相同之數值，亦可具有朝向相對於芯體11之遠位側而折射率變低之折射率分佈。又，亦可具有與滿足上述(1)~(3)之芯體附近區域相同之區域。

對本發明之樹脂光波導進一步記載。

(芯體11)

於圖1所示之樹脂光波導10中，芯體11之剖面形狀為矩形，但並不限於此，例如亦可為梯形、圓形、橢圓形。於芯體11之剖面形狀為多邊形之情形時，其角亦可帶有弧度。

芯體尺寸並無特別限定，可考慮與光源或受光元件之耦合效率等而適當設計。耦合效率依存於芯體直徑及數值孔徑(NA)。關於例如芯體11之芯體尺寸(如圖1所示之芯體11般芯體11之剖面形狀為矩形之情形時，為該矩形之寬度及高度)，若考慮用作矽光子介面時與所要連接之矽光波導之耦合效率，則較佳為1~10 μm 。更佳為1.5~8 μm ，進而較佳為2~7 μm 。此處，矩形之寬度係於高度中央位置上之寬度之長度，矩形之高度係於寬度中央位置上之高度之長度。再者，芯體尺寸亦可沿樹脂光波導之光傳輸方向呈錐狀變化。

芯體11亦可具有朝向相對於芯體中心之遠位側而折射率變低之折射率分佈。又，可具有上包覆層側之折射率較高而下包覆層側之折射率變低之折射率分佈，亦可具有上包覆層側之折射率較低而下包覆層側之折射率變高之折射率分佈。

(上包覆層13)

上包覆層13之折射率之數值只要低於芯體11之折射率，則無特別限定。因此，例如上包覆層13可為折射率均為相同之數值，可構成為朝向相對於芯體11之遠位側而折射率變低，亦可構成為朝向相對於芯體11之遠位側而折射率變高。

上包覆層13之厚度並無特別限定，於本發明之樹脂光波導10為單模光波導之情形時，存在傳輸之光亦洩露至位於距芯體11之中心10 μm 左右之範圍內之包覆層部分之情況。因此，於單模光波導之情形時，就減少光之傳輸損失之觀點而言，較佳為10 μm 以上。又，下包覆層12及上包覆層13之合計厚度較佳為20~90 μm ，更佳為30~70 μm 。

於本發明之樹脂光波導中，芯體11、下包覆層12、及上包覆層13之構成材料只要滿足作為樹脂光波導之要求特性，則無特別限定。就抑制於芯體11中傳輸之光之損失之觀點而言，芯體11之構成材料較佳為含有氟之樹脂。

又，關於芯體11、下包覆層12及上包覆層13之構成材料、以及樹脂光波導之製造程序，例如可參考下述文獻之記載。

國際公開第2010/107005號

日本專利特開2013-120338號公報

日本專利特開2012-63620號公報

以上述文獻作為參考，製造圖1所示之本發明之樹脂光波導10之情形時，樹脂光波導10之芯體露出部14可按照以下程序形成。

形成下包覆層，使用光微影製程於下包覆層上形成芯體後，於下包覆層及芯體上塗佈硬化物組合物，藉由加熱及/或光照射使硬化性樹脂組合物硬化，形成上包覆層。於形成上包覆層時，使用光微影製程，可形成具有上包覆層之區域及無上包覆層而露出芯體之區域(即芯體露出部)。

又，具有滿足上述(1)、(2)之芯體附近區域之下包覆層12可按照以下程序形成。

藉由調整形成上述下包覆層時之加熱溫度或加熱時間，及/或藉由調整光之照射強度或照射時間，可形成具有滿足上述(1)、(2)、較

佳為滿足上述(1)~(3)之芯體附近區域之下包覆層12。或者，藉由添加用以調整折射率之摻雜劑而加以調整，及/或藉由調整光之照射強度或照射時間，可形成具有滿足上述(1)、(2)、較佳為滿足上述(1)~(3)之芯體附近區域之下包覆層12。

再者，於藉由添加摻雜劑而調整折射率之情形時，該折射率依存於構成下包覆層之材料及摻雜劑之種類，因此為了獲得目標之折射率，根據構成下包覆層之材料而適當選擇該摻雜劑。

本發明之樹脂光波導係被用於低損失且低成本地連接矽光波導與光纖之矽光子介面，因此為單模光波導可使光信號高密度化，故而較佳。於此情形時，於波長1310 nm及1550 nm之至少一者下為單模光波導時，即便對於矽光波導或單模光纖亦可低損失地傳輸光，故而較佳。

於將本發明之樹脂光波導用於矽光子介面之情形時，於樹脂光波導之芯體露出部與矽光波導連接。

[實施例]

以下使用實施例進一步詳細地說明本發明，但本發明並不限定於該等實施例。

於以下所示之實施例中，以RSoft Design Group股份有限公司製造之RSoft CAD定義樹脂光波導與單模光纖之構造(尺寸與折射率)，藉由作為模擬引擎之RSoft Design Group股份有限公司製造之BeamProp(有限差分光束傳輸法)進行光傳輸之模擬。

圖2係表示實施例中之樹脂光波導與單模光纖之連接部之模式圖。

(例1~52)

例1~52中，例1~5、7~11、例13~52為實施例，例6、例12為比較例。

如以下所示，以RSoft CAD定義樹脂光波導與單模光纖之構造。

(單模光纖400)

芯體410

芯體直徑 8.4 μm

折射率 1.47

包覆層420

包覆層直徑 80 μm

折射率 1.4652

(樹脂光波導10)

單模光波導

芯體11

芯體尺寸 寬度方向5.9 μm ，縱向2.3 μm

折射率 1.534

下包覆層12

厚度 40 μm

與芯體11之界面之折射率 1.52

於自芯體11之距離為10 μm 以內之芯體附近區域，具有與芯體11之界面側之折射率較高、相對於與芯體11之界面之遠位側之折射率變低之折射率分佈($0 \times 10^{-4} \sim 3.5 \times 10^{-4}/\mu\text{m}$)。

上包覆層13

厚度 40 μm

折射率 1.52

芯體露出部14

關於將芯體露出部14以水(折射率1.32)或空氣(折射率1.00)填滿之狀態，根據BeamProp藉由計算求出波長1.55 μm 下之連接損失。將結果示於下述表。再者，表中，下包覆層12之折射率中，將與芯體11之

界面側之折射率設為 n_2 ，將自與芯體11之界面之距離為 $10\ \mu\text{m}$ 之位置上之折射率設為 n_1 。再者， n_2 為芯體附近區域中之下包覆層12之折射率之最大值 n_{max} ， n_1 為芯體附近區域中之下包覆層12之折射率之最小值 n_{min} ，又，光波導10之芯體11與單模光纖400之芯體410之偏移量 Y 如圖2所示。又，表中之指標如下述表所示。

[表1]

表1

指標	連接損失
5	5 dB以下
4	超過5 dB且為10 dB以下
3	超過10 dB且為15 dB以下
2	超過15 dB且為20 dB以下
1	超過20 dB

[表2]

表2

	例1	例2	例3	例4	例5	例6
折射率分佈($\times 10^{-4}/\mu\text{m}$)	0.75	1.50	2.25	3.00	3.50	0.00
$n_2 - n_1$	0.0008	0.0015	0.0023	0.0030	0.0035	0.0000
芯體露出部之狀態	水	水	水	水	水	水
連接損失(dB)	9.0	5.9	5.1	4.8	4.7	>30
指標	4	4	4	5	5	1

[表3]

表3

	例7	例8	例9	例10	例11	例12
折射率分佈($\times 10^{-4}/\mu\text{m}$)	0.75	1.50	2.25	3.00	3.50	0.00
$n_2 - n_1$	0.0008	0.0015	0.0023	0.0030	0.0035	0.0000
芯體露出部之狀態	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣
連接損失(dB)	15.3	9.7	7.1	6.1	6.0	>30
指標	2	4	4	4	4	1

[表4]

表4

	例13	例14	例15	例16	例17	例18	例19	例20
折射率分佈($\times 10^{-4}/\mu\text{m}$)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
$n_2 - n_1$	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
芯體露出部之狀態	水	水	水	水	空氣	空氣	空氣	空氣
偏移量Y(μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
連接損失(dB)	6.2	4.5	4.2	5.0	11.2	8.7	7.6	7.5
指標	4	5	5	5	3	4	4	4

[表5]

表5

	例21	例22	例23	例24	例25	例26	例27	例28
折射率分佈($\times 10^{-4}/\mu\text{m}$)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
$n_2 - n_1$	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
芯體露出部之狀態	水	水	水	水	空氣	空氣	空氣	空氣
偏移量Y(μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
連接損失(dB)	5.7	4.0	3.9	5.1	8.2	6.1	5.5	5.8
指標	4	5	5	4	4	4	4	4

[表6]

表6

	例29	例30	例31	例32	例33	例34	例35	例36
折射率分佈($\times 10^{-4}/\mu\text{m}$)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
$n_2 - n_1$	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
芯體露出部之狀態	水	水	水	水	空氣	空氣	空氣	空氣
偏移量Y(μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
連接損失(dB)	5.0	3.6	3.8	5.5	6.6	4.8	4.5	5.4
指標	5	5	5	4	4	5	5	4

上述表1~表6係將芯體露出部14之光傳輸方向之長度設為2000 μm 之實施例，於表7及表8中表示將芯體露出部14之長度設為500 μm 、1000 μm 、1500 μm 及3000 μm 者之結果。

[表 7]

表7

	例37	例38	例39	例40	例41	例42	例43	例44
折射率分佈($\times 10^{-4}/\mu\text{m}$)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
$n_2 - n_1$	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
芯體露出部之狀態	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣
芯體露出部之長度(μm)	500	500	500	500	1000	1000	1000	1000
偏移量Y(μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
連接損失(dB)	7.5	5.2	4.4	4.4	6.4	4.7	4.9	6.4
指標	4	4	5	5	4	5	5	4

[表 8]

表8

	例45	例46	例47	例48	例49	例50	例51	例52
折射率分佈($\times 10^{-4}/\mu\text{m}$)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
$n_2 - n_1$	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
芯體露出部之狀態	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣	空氣
芯體露出部之長度(μm)	1500	1500	1500	1500	3000	3000	3000	3000
偏移量Y(μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
連接損失(dB)	6.6	4.7	4.4	5.4	6.5	4.5	4.3	5.2
指標	4	5	5	4	4	5	5	4

由表可知，相當於芯體露出部之芯體附近區域不具有折射率分佈之例6、12之連接損失較大。相對於此，相當於芯體露出部之芯體附近區域之折射率分佈為 $0.00004 \mu\text{m}$ 以上之例1~5、例7~11、例13~例52之連接損失較小。

又，如表4~6所示，於將芯體露出部14以水填滿之狀態、或以空氣填滿之狀態之任一情形時，只要芯體附近區域之折射率分佈為 $0.00004 \mu\text{m}$ 以上，則無關於折射率分佈之大小如何，又，因光波導10之芯體14與單模光纖400之芯體410之偏移量Y所導致之影響較少。

(例53、例54)

例53為實施例，例54為比較例。作為例53，製作芯體之折射率

為1.53且芯體寬度為6.0 μm ，芯體高度為2.49 μm ，上包覆層之厚度為24 μm ，下包覆層之厚度為50 μm 之樹脂光波導。下包覆層之芯體界面側之折射率為1.516，且具有隨著自芯體之界面離開而折射率變低之折射率分佈0.00008/ μm 。關於下包覆層之折射率分佈，具有上包覆層之區域與不具有上包覆層之區域均具有相同之折射率分佈。芯體露出部14之光傳輸方向之長度為1750 μm ，芯體露出部之狀態為水。該實施例53之樹脂光波導與單模光纖之連接損失為7.0 dB，連接損失之指標為「4」。

作為例54，下包覆層之折射率遍及厚度方向地設為固定，除此以外，製作與實施例53相同之構造之光纖。下包覆層之折射率固定為1.516。該例54之樹脂光波導與單模光纖之連接損失超過20 dB，連接損失之指標為「1」。

已詳細地且參照特定之實施態樣對本發明進行了說明，但業者明白，可不脫離本發明之精神及範圍而添加各種變更或修正。本申請案係基於2015年8月4日提出申請之日本專利申請案(日本專利特願2015-154011號)者，其內容作為參照引入本文。

【符號說明】

10	樹脂光波導
11	芯體
12	下包覆層
13	上包覆層
14	芯體露出部
100	連接器
130	光纖
140	芯體
200	矽光波導晶片

210	矽光波導
220	芯體
230	被覆
300	樹脂光波導晶片
310	樹脂光波導
320	芯體
330	下包覆層
340	上包覆層
350	芯體露出部
400	單模光纖
410	芯體
420	包覆層

申請專利範圍

1. 一種樹脂光波導，其特徵在於：其係具備芯體以及折射率低於該芯體之下包覆層及上包覆層者，
於上述樹脂光波導之一端側，設置有不存在上包覆層而露出芯體及與該芯體鄰接之下包覆層之芯體露出部，且
上述下包覆層中相當於上述芯體露出部之部位具有滿足下述(1)、(2)之芯體附近區域：
(1)上述芯體附近區域係自上述芯體之距離為 x 以內之區域，該 x 為 $5\ \mu\text{m}$ 以上且 $20\ \mu\text{m}$ 以下；
(2)上述芯體附近區域具有如下折射率分佈：與上述芯體之界面側之折射率為高，相對於與該芯體之界面之遠位側之折射率變低。
2. 如請求項1之樹脂光波導，其中上述芯體露出部之光傳輸方向之長度為 $100\ \mu\text{m}$ 以上。
3. 如請求項1或2之樹脂光波導，其中上述芯體附近區域之折射率分佈為 $0.00004/\mu\text{m}$ 以上。
4. 如請求項1至3中任一項之樹脂光波導，其中上述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最大值 n_{max} 與最小值 n_{min} 之差($n_{\text{max}} - n_{\text{min}}$)為 0.0001 以上。
5. 如請求項1至4中任一項之樹脂光波導，其中上述芯體中之折射率之最大值 n'_{max} 與上述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最大值 n_{max} 之差($n'_{\text{max}} - n_{\text{max}}$)為 $0.008 \sim 0.02$ 。
6. 如請求項1至5中任一項之樹脂光波導，其中上述下包覆層之相當於上述芯體露出部之部位中，上述芯體附近區域以外之部位之折射率為上述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最

小值 n_{\min} 以下。

7. 如請求項1至6中任一項之樹脂光波導，其中上述樹脂光波導於波長1310 nm及波長1550 nm之至少一者下為單模光波導。
8. 如請求項1至7中任一項之樹脂光波導，其中上述樹脂光波導之芯體尺寸為1~10 μm 。
9. 如請求項1至8中任一項之樹脂光波導，其中上述樹脂光波導之芯體包含含有氟之樹脂。
10. 一種樹脂光波導，其特徵在於：其係具備芯體以及折射率低於該芯體之下包覆層及上包覆層者，

於上述樹脂光波導之一端側，設置有不存在上包覆層而露出芯體及與該芯體鄰接之下包覆層之芯體露出部，樹脂光波導之光傳輸方向之該芯體露出部之長度為500 μm 以上，且

上述下包覆層中相當於上述芯體露出部之部位具有滿足下述(1)~(3)之芯體附近區域：

(1)上述芯體附近區域係自上述芯體之距離為 x 以內之區域， x 為10 μm 以上且20 μm 以下；

(2)上述芯體附近區域具有如下折射率分佈：與上述芯體之界面側之折射率為高，相對於與該芯體之界面之遠位側之折射率變低；

(3)上述芯體附近區域中之上述下包覆層之折射率之最大值 n_{\max} 與最小值 n_{\min} 之差($n_{\max} - n_{\min}$)為0.001以上。

11. 如請求項1至10中任一項之樹脂光波導，其係於上述芯體露出部與矽光波導連接。

圖式

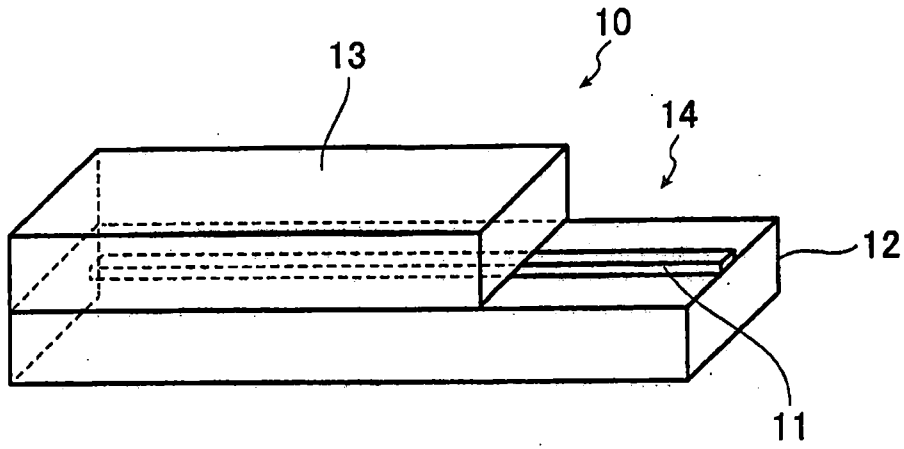


圖1

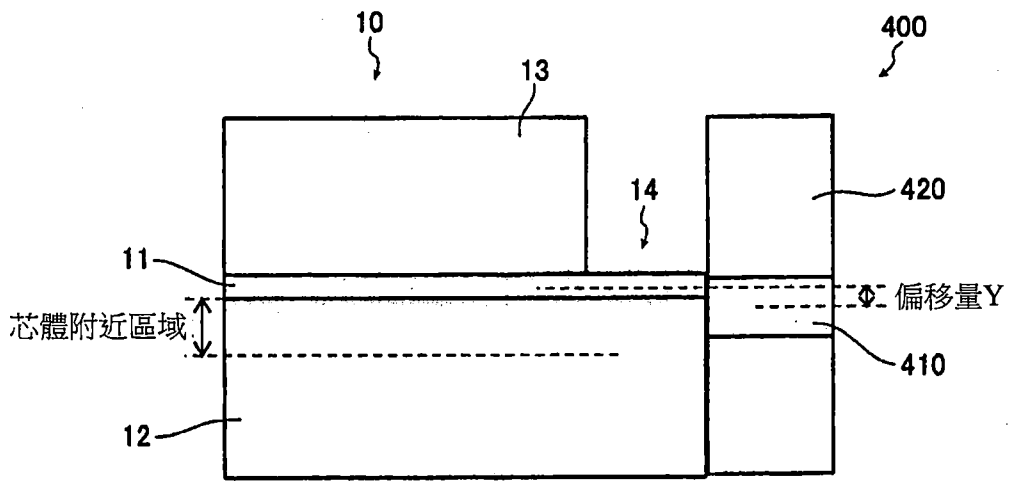


圖2

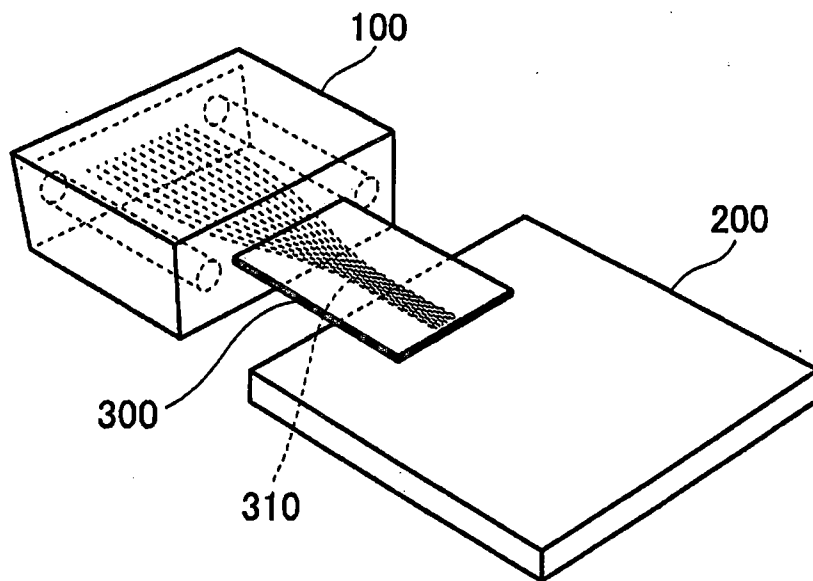


圖3

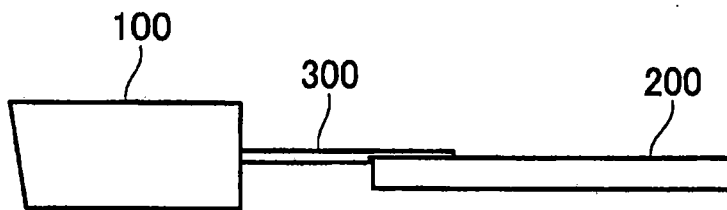


圖4

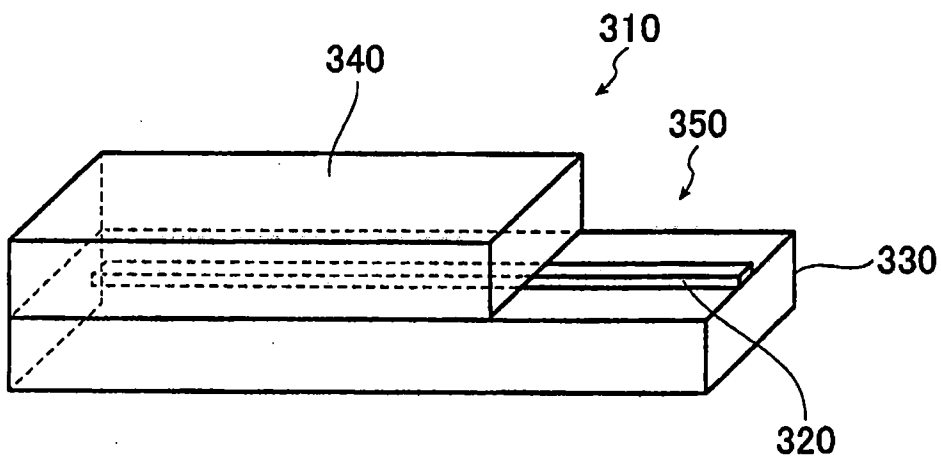


圖5

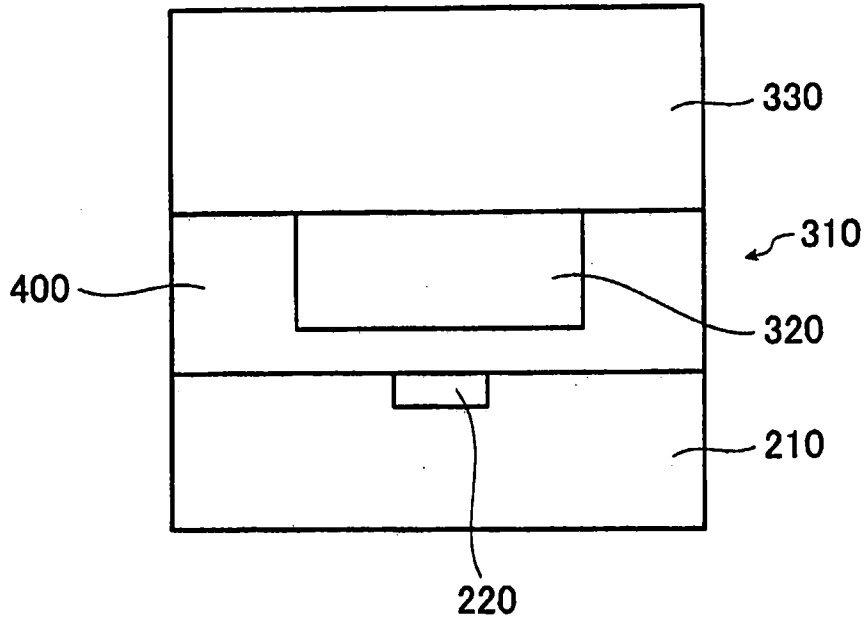


圖6

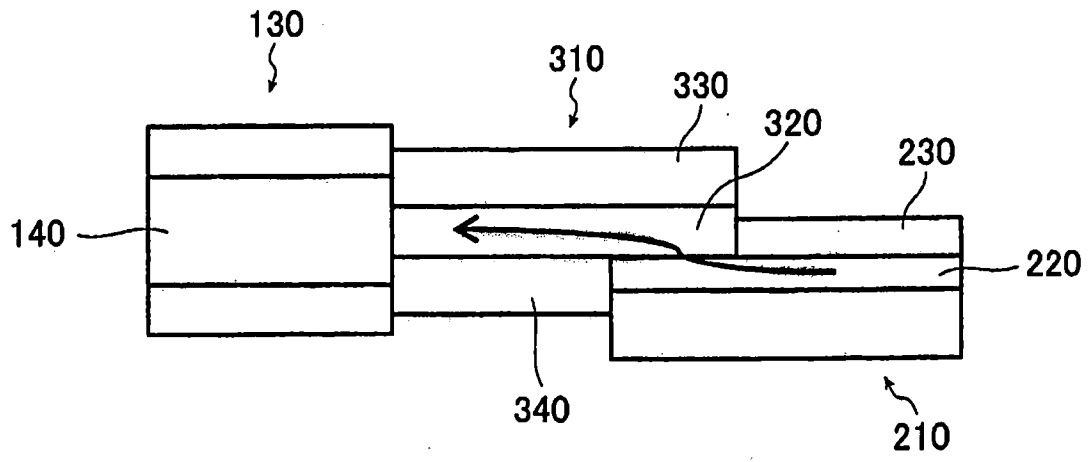


圖7

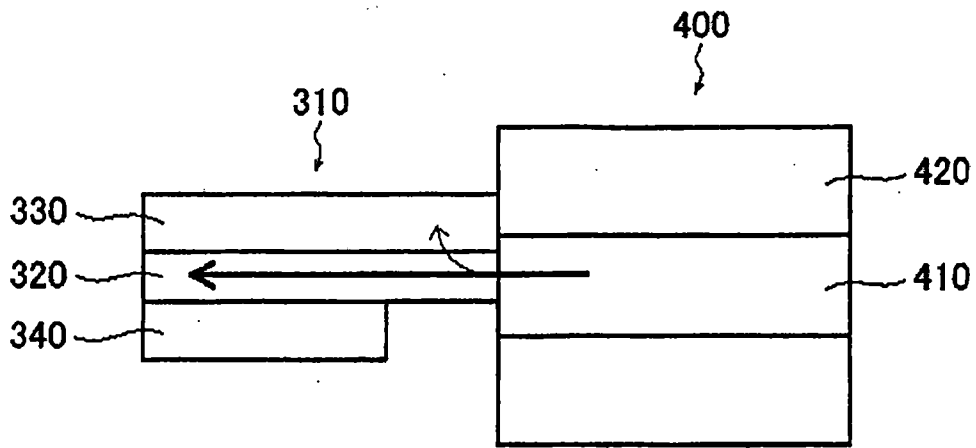


圖8