



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107850730 A

(43)申请公布日 2018.03.27

(21)申请号 201680045295.1

(22)申请日 2016.08.01

(30)优先权数据

2015-154192 2015.08.04 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.02.01

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2016/072523 2016.08.01

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/022717 JA 2017.02.09

(71)申请人 旭硝子株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 大原盛辉 武信省太郎

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 李洋 王培超

(51)Int.Cl.

G02B 6/122(2006.01)

G02B 6/12(2006.01)

G02B 6/26(2006.01)

G02B 6/30(2006.01)

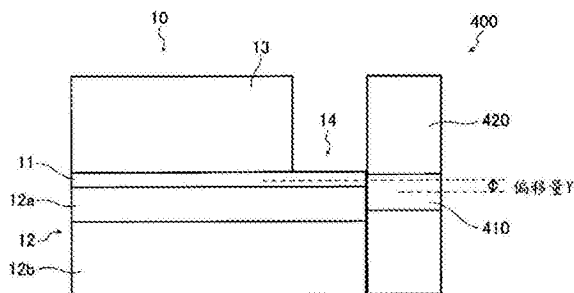
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

树脂光波导

(57)摘要

本发明的树脂光波导具备芯部、折射率比所述芯部的折射率低的底部包层、以及上部包层，所述树脂光波导的特征在于，在所述树脂光波导的一端侧设置有芯部露出部，在该芯部露出部，不存在上部包层而芯部以及该芯部周边的底部包层露出，在所述底部包层中的相当于所述芯部露出部的部位，具有满足特定的条件的第一层以及第二层。



1. 一种树脂光波导,具备芯部、折射率比所述芯部的折射率低的底部包层、以及上部包层,

所述树脂光波导的特征在于,

在所述树脂光波导的一端侧设置有芯部露出部,在该芯部露出部,不存在上部包层而芯部以及该芯部周边的底部包层露出,

在所述底部包层中的相当于所述芯部露出部的部位,具有满足下述(1)~(3)的第一层以及第二层,

(1) 所述第一层以及所述第二层距与所述芯部的界面或所述底部包层的露出面的距离彼此不同,且配置为所述第一层相对于这些面位于近位侧,所述第二层相对于这些面位于远位侧;

(2) 所述第一层位于距与所述芯部的界面或所述底部包层的露出面的距离为 $15\mu\text{m}$ 以内的位置;

(3) 所述第一层以及所述第二层的折射率彼此不同,且所述第一层的折射率比所述第二层的折射率高。

2. 根据权利要求1所述的树脂光波导,其特征在于,

所述芯部露出部的在光传播方向的长度为 $100\mu\text{m}$ 以上。

3. 根据权利要求1或2所述的树脂光波导,其特征在于,

所述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 与所述第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)为0.001以上。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的树脂光波导,其特征在于,

所述芯部的折射率的最大值 n'_{max} 与所述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 之差($n'_{\text{max}} - n_{1,\text{max}}$)为0.008~0.02。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的树脂光波导,其特征在于,

所述第一层的厚度 t 为 $15\mu\text{m}$ 以下。

6. 根据权利要求5所述的树脂光波导,其特征在于,

所述第一层的厚度 t 与所述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 同所述第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)的积($t \times (n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}})$)为 $0.001\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的树脂光波导,其特征在于,

所述树脂光波导在波长 1310nm 以及波长 1550nm 中的至少一方为单模光波导。

8. 根据权利要求1~7中任一项所述的树脂光波导,其特征在于,

所述树脂光波导的芯部尺寸为 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的树脂光波导,其特征在于,

所述树脂光波导的芯部由含氟的树脂构成。

10. 一种树脂光波导,具备芯部、折射率比所述芯部的折射率低的底部包层、以及上部包层,

所述树脂光波导的特征在于,

在所述树脂光波导的一端侧设置有芯部露出部,在该芯部露出部,不存在上部包层而芯部以及该芯部周边的底部包层露出,该芯部露出部的在树脂光波导的光传播方向的长度为 $500\mu\text{m}$ 以上,

在所述底部包层中的相当于所述芯部露出部的部位,具有满足下述(1)~(4)的第一层以及第二层,

(1)所述第一层以及所述第二层距与所述芯部的界面或所述底部包层的露出面的距离彼此不同,且配置为所述第一层相对于这些面位于近位侧,所述第二层相对于这些面位于远位侧;

(2)所述第一层位于距与所述芯部的界面或所述底部包层的露出面的距离为 $8\mu\text{m}$ 以内的位置;

(3)所述第一层以及所述第二层的折射率彼此不同,且所述第一层的折射率比所述第二层的折射率高;

(4)所述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 与所述第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}}-n_{2,\text{max}}$)为0.002以上。

11.根据权利要求1~10中任一项所述的树脂光波导,其特征在于,所述树脂光波导在所述芯部露出部与硅光波导连接。

树脂光波导

技术领域

[0001] 本发明涉及树脂光波导。

背景技术

[0002] 在非专利文献1、2以及专利文献1中,提出有将硅光波导与树脂光波导低损耗且低成本地连接的硅光子接口(silicon photonics interface)。本说明书的硅光波导是指在硅芯片上形成有作为(单模)光波导发挥功能的芯部包层构造的结构。

[0003] 图3是示出这样的硅光子接口的一个构成例的立体图,图4是其侧视图。

[0004] 在图3、4所示的树脂光波导芯片300形成有一条或多条树脂光波导310。在树脂光波导芯片300的一端侧,树脂光波导310与形成于硅光波导芯片200上的硅光波导(未图示)连接。树脂光波导芯片300的另一端侧被收纳于连接器100内。

[0005] 图5是示出为了上述目的而使用的树脂光波导的一个构成例的立体图。

[0006] 图5所示的树脂光波导310在芯部320的周围配置有底部包层330以及上部包层340。其中,在图3、4中与形成于硅光波导芯片200上的硅光波导(未图示)连接的一侧的前端未配置上部包层340,形成为芯部320向外部露出的芯部露出部350。

[0007] 图6是示出图3、4所示的硅光子接口中硅光波导210与树脂光波导310之间的连接部的剖视图,树脂光波导310是图5所示的树脂光波导310。在图6中,硅光波导210与树脂光波导310以树脂光波导310的芯部320面对硅光波导210的状态使用环氧树脂连接。

[0008] 图7是用0于对图3、4所示的硅光子接口中的光的传播进行说明的示意图。在图7中,通过绝热耦合从硅光波导210的芯部220向在树脂光波导310前端露出的芯部320传播光。进而,从树脂光波导310的芯部320向光纤130的芯部140传播光。

[0009] 非专利文献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)

[0010] 非专利文献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)

[0011] 专利文献1:美国专利第8,724,937号说明书

[0012] 关于图5所示的树脂光波导310,在安装于图3、4所示的硅光子接口之前,按照与现有的树脂光波导同样的步骤实施性能评价。在树脂光波导的性能评价中,在树脂光波导的前端连接单模光纤。图8是用于对在图5所示的树脂光波导310的前端连接了单模光纤时的光的传播进行说明的示意图。在图5所示的树脂光波导310与单模光纤400的连接中,一部分光从树脂光波导310前端的芯部320露出的部位辐射而未被传播,另外还存在产生连接损耗的问题。该连接损耗在安装于图3、4所示的硅光子接口时并不产生,使相对于性能评价的结果的可靠性降低。

发明内容

[0013] 为了解决上述的现有技术的问题点,本发明的目的在于提供一种适合在将硅光波导与树脂光波导低损耗且低成本地连接的硅光子接口中使用、并且使用单模光纤进行的性能评价的可靠性高的树脂光波导。

[0014] 为了实现上述目的,本发明提供一种树脂光波导,具备芯部、折射率比上述芯部的折射率低的底部包层、以及上部包层,

[0015] 上述树脂光波导的特征在于,

[0016] 在上述树脂光波导的一端侧设置有芯部露出部,在该芯部露出部,不存在上部包层而芯部以及该芯部周边的底部包层露出,

[0017] 在上述底部包层中的相当于上述芯部露出部的部位,具有满足下述(1)~(3)的第一层以及第二层,

[0018] (1)上述第一层以及上述第二层距与上述芯部的界面或上述底部包层的露出面的距离彼此不同,且配置为上述第一层相对于这些面位于近位侧,上述第二层相对于这些面位于远位侧;

[0019] (2)上述第一层位于距与上述芯部的界面或上述底部包层的露出面的距离为 $15\mu\text{m}$ 以内的位置;

[0020] (3)上述第一层以及上述第二层的折射率彼此不同,且上述第一层的折射率比上述第二层的折射率高。

[0021] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述芯部露出部的在光传播方向的长度为 $100\mu\text{m}$ 以上。

[0022] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 与上述第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)为0.001以上。

[0023] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述第一层的厚度 t 为 $15\mu\text{m}$ 以下。

[0024] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述第一层的厚度 t 与上述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 同上述第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)的积($t \times (n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}})$)为 $0.001\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ 。

[0025] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述芯部的折射率的最大值 n'_{max} 与上述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 之差($n'_{\text{max}} - n_{1,\text{max}}$)为 $0.008 \sim 0.02$ 。

[0026] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述底部包层的厚度 t 为 $10\mu\text{m}$ 以上。

[0027] 优选形成为,本发明的树脂光波导在波长 1310nm 以及波长 1550nm 中的至少一方为单模光波导。

[0028] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述树脂光波导的芯部尺寸为 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 。

[0029] 在本发明的树脂光波导中,优选形成为,上述树脂光波导的芯部由含氟的树脂构成。

[0030] 另外,本发明提供一种树脂光波导,具备芯部、折射率比上述芯部的折射率低的底部包层、以及上部包层,

[0031] 上述树脂光波导的特征在于,

[0032] 在上述树脂光波导的一端侧设置有芯部露出部,在该芯部露出部,不存在上部包层而芯部以及该芯部周边的底部包层露出,该芯部露出部的在树脂光波导的光传播方向的长度为 $500\mu\text{m}$ 以上,

[0033] 在上述底部包层中的相当于上述芯部露出部的部位,具有满足下述(1)~(4)的第一层以及第二层,

[0034] (1)上述第一层以及上述第二层距与上述芯部的界面或上述底部包层的露出面的距离彼此不同,且配置为上述第一层相对于这些面位于近位侧,上述第二层相对于这些面位于远位侧;

[0035] (2)上述第一层位于距与上述芯部的界面或上述底部包层的露出面的距离为 $8\mu\text{m}$ 以内的位置;

[0036] (3)上述第一层以及上述第二层的折射率彼此不同,且上述第一层的折射率比上述第二层的折射率高;

[0037] (4)上述第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 与上述第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)为0.002以上。

[0038] 优选形成为,本发明的树脂光波导在上述芯部露出部与硅光波导连接。

[0039] 本发明的树脂光波导适合在将硅光波导与树脂光波导低损耗且低成本地连接的硅光子接口中使用。

[0040] 本发明的树脂光波导在使用单模光纤进行的性能评价时的连接损耗少,性能评价的可靠性高。

附图说明

[0041] 图1是示出本发明的树脂光波导的一个构成例的立体图。

[0042] 图2是示出实施例中的树脂光波导与单模光纤之间的连接部的示意图。

[0043] 图3是示出硅光子接口的一个构成例的立体图。

[0044] 图4是图3的硅光子接口的侧视图。

[0045] 图5是示出在图3、4的硅光子接口中使用的树脂光波导的一个构成例的立体图。

[0046] 图6是示出在图3、4所示的硅光子接口中形成于硅光波导芯片200上的硅光波导与树脂光波导310之间的连接部的剖视图。

[0047] 图7是用于对图3、4所示的硅光子接口中的光的传播进行说明的示意图。

[0048] 图8是用于对在图5所示的树脂光波导310的前端连接了单模光纤时的光的传播进行说明的示意图。

具体实施方式

[0049] 以下,参照附图对本发明进行说明。

[0050] 图1是示出本发明的树脂光波导的一个构成例的立体图。图1所示的树脂光波导10具备芯部11、折射率低于该芯部11的折射率的底部包层12、以及同样折射率低于该芯部11的折射率的上部包层13。在芯部11的下方配置有底部包层12,在芯部11的上方配置有上部包层13。其中,在树脂光波导10的一端侧设置有芯部露出部14,在该芯部露出部14,不存在上部包层13而芯部11露出。

[0051] 此外,在本发明的树脂光波导中,将配置于芯部的周围的底部包层以及上部包层中的、在芯部露出部并不存在的一侧设为上部包层。因而,也可以在芯部的上方配置有底部包层,在芯部的下方配置有上部包层。

[0052] 该芯部露出部14在将树脂光波导10作为硅光子接口使用时成为与硅光波导连接的连接部位。因此,要求芯部露出部14具有足够作为与硅光波导连接的连接部位使用的长度。关于本发明的树脂光波导10,优选芯部露出部14的在树脂光波导的光传播方向的长度为 $100\mu\text{m}$ 以上,这是足够作为与硅光波导连接的连接部位使用的长度。此外,树脂光波导的光传播方向是芯部11的长轴方向。

[0053] 芯部露出部14的在树脂光波导的光传播方向的长度更优选为 $300\mu\text{m}$ 以上,进一步优选为 $500\mu\text{m}$ 以上,更进一步优选为 $1000\mu\text{m}$ 以上。

[0054] 但是,若芯部露出部14的在树脂光波导的光传播方向的长度过长,则在使用粘接剂(例如环氧树脂)与硅光波导连接时,存在因粘接剂的吸收而导致连接损耗变大的担忧。因此,芯部露出部14的在树脂光波导的光传播方向的长度优选为 $10000\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $5000\mu\text{m}$ 以下,进一步优选为 $3000\mu\text{m}$ 以下。

[0055] 在树脂光波导10中,使底部包层12、上部包层13的折射率低于芯部11的折射率是为了防止在芯部11传播的光向底部包层12侧或上部包层13侧辐射。

[0056] 如上所述,如图8所示,在将具有芯部露出部的树脂光波导310与单模光纤400连接时,在不存在上部包层340的芯部露出部,芯部320处于露出的状态。树脂光波导310的性能评价在芯部露出部存在于空气中或水中的状态下实施,因此,虽然芯部320的露出面与空气或水接触,但空气、水的折射率小于树脂光波导310的芯部320材料、底部包层330材料的折射率。结果,在芯部320传播的光的一部分向底部包层330侧辐射这一情况成为连接损耗的原因。

[0057] 关于本发明的树脂光波导10,底部包层12中的相当于芯部露出部14的部位具有满足下述(1)~(3)的第一层以及第二层,由此,能够抑制与单模光纤连接时的连接损耗。

[0058] (1) 第一层以及第二层距与芯部的界面或底部包层的露出面的距离彼此不同,且配置为第一层相对于这些面位于近位侧,第二层相对于这些面位于远位侧。

[0059] (2) 第一层位于距与芯部的界面或底部包层的露出面的距离为 $15\mu\text{m}$ 以内的位置。

[0060] (3) 第一层以及第二层的折射率彼此不同,第一层的折射率高于第二层的折射率。

[0061] 如上述(1)所示,底部包层12中的相当于芯部露出部14的部位形成为相对于芯部11的界面或底部包层12的露出面的近位侧为第一层、相对于上述面的远位侧为第二层的双层构造。此外,芯部11的界面以及底部包层12的露出面构成第一层的一部分。

[0062] 如上述(3)所示,第一层的折射率高于第二层的折射率。通过形成为这样的双层构造,在芯部露出部14,能够抑制在芯部11传播的光向底部包层12侧的辐射,能够抑制与单模光纤连接时的连接损耗。

[0063] 如上述(2)所示,第一层位于距与芯部11的界面或底部包层12的露出面的距离为 $15\mu\text{m}$ 以内的位置。因而,第一层的厚度 t 为 $15\mu\text{m}$ 以下。将第一层距与芯部11的界面或底部包层12的露出面的距离设为 $15\mu\text{m}$ 以内的理由如下。

[0064] 通过将距与芯部11的界面或底部包层12的露出面的距离设为 $15\mu\text{m}$ 以内,能够抑制在芯部11传播的光向底部包层12侧的辐射,能够抑制与单模光纤连接时的连接损耗。

[0065] 第一层距与芯部11的界面或底部包层12的露出面的距离优选为 $10\mu\text{m}$ 以内,更优选为 $8\mu\text{m}$ 以内,进一步优选为 $6\mu\text{m}$ 以内。因而,第一层的厚度 t 优选为 $10\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $8\mu\text{m}$ 以下,进一步优选为 $6\mu\text{m}$ 以下。

[0066] 但是,若第一层距与芯部11的界面或底部包层12的露出面的距离过小,则对在芯部11传播的光的向底部包层12侧的辐射的抑制不充分。第一层距与芯部11的界面或底部包层12的露出面的距离优选为 $0.1\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $0.2\mu\text{m}$ 以上,进一步优选为 $0.5\mu\text{m}$ 以上。因而,第一层的厚度 t 优选为 $0.1\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $0.2\mu\text{m}$ 以上,进一步优选为 $0.5\mu\text{m}$ 以上。

[0067] 为了抑制与单模光纤连接时的连接损耗,优选第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 与第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)为 0.001 以上。通过使 $n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$ 为 0.001 以上,由此能够令人满意地发挥上述的抑制与单模光纤连接时的连接损耗的效果。 $n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$ 优选为 0.002 以上,更优选为 0.004 以上。

[0068] 此外,关于第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 与第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)的上限值,虽无并无特殊限定,但例如由于后述的制造方法等的原因,能够为 0.020 。

[0069] 这里,设为第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 与第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差是因为考虑到第一层以及第二层分别被分成折射率彼此不同的多个层的情况。在该情况下,关于构成第一层的多个层以及构成第二层的多个层,要求相对于与芯部的界面或底部包层的露出面位于近位侧的层折射率高,相对于上述面位于远位侧的层的折射率低。另外,关于构成第一层的多个层,要求其折射率差的最大值小于 0.001 。

[0070] 为了抑制与单模光纤连接时的连接损耗,第一层的厚度 t 与第一层的折射率的最大值 $n_{1,\text{max}}$ 同上述第二层的折射率的最大值 $n_{2,\text{max}}$ 之差($n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}}$)的积($t \times (n_{1,\text{max}} - n_{2,\text{max}})$)优选为 $0.001\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ 。更优选为 $0.004\mu\text{m} \sim 0.15\mu\text{m}$,特别优选为 $0.004\mu\text{m} \sim 0.12\mu\text{m}$ 。

[0071] 在抑制与硅光波导的连接损耗、以及抑制与单模光纤连接时的连接损耗这点上,芯部11的折射率的最大值 n'_{max} 与第一层的折射率的最大值 n_{max} 之差($n'_{\text{max}} - n_{\text{max}}$)优选为 $0.008 \sim 0.02$ 。这里,设为芯部11的折射率的最大值 n'_{max} 是因为考虑到在芯部11也存在折射率分布这一情况。

[0072] $n'_{\text{max}} - n_{\text{max}}$ 更优选为 $0.010 \sim 0.015$ 。

[0073] 若底部包层12的厚度为 $10\mu\text{m}$ 以上,则具有刚性且操作的处理容易度提高,因此是优选的。底部包层12的厚度更优选为 $15\mu\text{m}$ 以上,进一步优选为 $20\mu\text{m}$ 以上。在底部包层12由第一层与第二层构成的情况下,若第二层的折射率低于第一层的折射率,则无论是什么厚度均能够抑制光的放出。考虑到生产性,优选为 $70\mu\text{m}$ 以下,进一步优选为 $50\mu\text{m}$ 以下。

[0074] 另外,在本发明的树脂光波导中,只要在芯部11的上下配置有上部包层13以及底部包层12的部位的底部包层12的折射率的数值低于芯部11的折射率的数值即可,并无特殊限定。因而,例如该部位的底部包层12的折射率可以全部为同一数值,也可以在相对于芯部11的近位侧与远位侧具有折射率不同的部位。其中,关于这样的部位,要求相对于芯部11位于近位侧的部位的折射率高,相对于芯部11位于远位侧的部位的折射率低。另外,可以具有与满足上述(1)~(3)的第一层以及第二层同样的结构。

[0075] 对本发明的树脂光波导进一步进行记载。

[0076] (芯部11)

[0077] 在图1所示的树脂光波导10中,芯部11的截面形状为矩形,但并不限于此,例如也可以为梯形、圆形、椭圆形。在芯部11的截面形状为多边形的情况下,其角部可以带有圆角。

[0078] 芯部尺寸并无特殊限定,能够考虑与光源或受光元件的耦合效率等而适当设计。耦合效率取决于芯部直径与数值孔径(NA)。例如,关于芯部11的芯部尺寸(在像图1所示的芯部11那样芯部11的截面形状为矩形的情况下,该矩形的宽度以及高度),考虑作为硅光子接口使用时与所连接的硅光波导之间的耦合效率,优选为 $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。更优选为 $1.5\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$,进一步优选为 $2\mu\text{m}\sim 7\mu\text{m}$ 。这里,矩形的宽度是指在高度的中央的位置处的宽度的尺寸,矩形的高度是指在宽度的中央的位置处的高度的尺寸。此外,芯部尺寸也可以沿树脂光波导的光传播方向而呈锥状地变化。

[0079] 芯部11可以具有随着趋向相对于芯部的中心位于远位侧的位置而折射率变低的折射率分布。另外,也可以具有上部包层侧的折射率高、底部包层侧的折射率低的折射率分布,也可以具有上部包层侧的折射率低、底部包层侧的折射率高的折射率分布。

[0080] 这里,设为芯部11的折射率的最大值 n'_{max} 是因为考虑到例如像上述那样在芯部11也存在折射率分布的情况。

[0081] (上部包层13)

[0082] 只要上部包层13的折射率低于芯部11的折射率即可,并无特殊限定。因而,上部包层13的折射率可以全部为同一数值。或者,可以在相对于芯部11位于近位侧的位置与位于远位侧的位置具有折射率不同的部位。在该情况下,可以构成为随着趋向相对于芯部11位于远位侧的位置而折射率变低,也可以构成为随着趋向相对于芯部11位于远位侧的位置而折射率变高。

[0083] 上部包层13的厚度并无特殊限定,但在本发明的树脂光波导10为单模光波导的情况下,在位于距芯部11的中心 $10\mu\text{m}$ 左右的范围内的包层部分也会有所传播的光漏出,因此,从减少光的传播损耗的观点考虑,优选为 $10\mu\text{m}$ 以上。另外,底部包层12以及上部包层13的总厚度优选为 $20\sim 90\mu\text{m}$,更优选为 $30\sim 70\mu\text{m}$ 。

[0084] 在本发明的树脂光波导中,芯部11、底部包层12以及上部包层13的构成材料只要满足作为树脂光波导的要求特性即可,并无特殊限定,但当芯部11的构成材料为含氟的树脂的情况下,在抑制在芯部11传播的光的损耗这一方面是优选的。

[0085] 另外,芯部11、底部包层12和上部包层13的构成材料以及树脂光波导的制造步骤例如能够参考下述文献的记载。

[0086] 国际公开第2010/107005号

[0087] 日本特开2013-120338号公报

[0088] 日本特开2012-63620号公报

[0089] 参考上述文献,在制造图1所示的本发明的树脂光波导10的情况下,树脂光波导10的芯部露出部14能够按照以下的步骤形成。

[0090] 在形成底部包层并使用光刻工艺在底部包层上形成芯部之后,在底部包层以及芯部上涂覆固化物组合物,通过加热以及/或光照射使固化性树脂组合物固化,形成上部包层。在形成上部包层时,能够使用光刻工艺形成具有上部包层的区域与不存在上部包层而芯部露出的区域(即芯部露出部)。

[0091] 另外,具有满足上述(1)~(3)的第一层12a以及第二层12b的底部包层12能够按照以下的步骤形成。

[0092] 通过调整形成上述底部包层时的加热温度、加热时间以及/或者调整光的照射强度、照射时间,能够形成具有第一层12a以及第二层12b的底部包层12。或者,通过添加用于调整折射率的掺杂剂,能够形成具有第一层12a以及第二层12b的底部包层12。另外,通过涂覆形成底部包层12b的固化性组合物(b)并进行加热以及/或光照射而使其固化,并在其上涂覆形成底部包层12a的固化性组合物(a)并进行加热以及/或光照射而使其固化,由此能够形成具有第一层12a以及第二层12b的底部包层12。固化性组合物(a)以及固化性组合物(b)能够适当使用上述文献所记载的材料。

[0093] 此外,在借助掺杂剂添加来调整折射率的情况下,该折射率取决于构成底部包层的材料与掺杂剂的种类,因此,为了获得作为目标的折射率,根据构成底部包层的材料来适当地选择该掺杂剂。

[0094] 本发明的树脂光波导在将硅光波导与光纤低损耗且低成本地连接的硅光子接口中使用,因此,若为单模光波导则能够使光信号高密度化,因此是优选的。在该情况下,从相对于硅光波导、单模光纤也能够低损耗地传播光的方面考虑,优选在波长1310nm以及1550nm中的至少一方为单模光波导。

[0095] 当在硅光子接口中使用本发明的树脂光波导的情况下,在树脂光波导的芯部露出部与硅光波导连接。

[0096] 实施例

[0097] 以下使用实施例对本发明更详细地进行说明,但本发明并不限定于上述实施例。

[0098] 在以下所示的实施例中,利用RSoft Design Group公司制的RSoft CAD定义树脂光波导与单模光纤的构造(尺寸与折射率),并利用作为仿真引擎的RSoft Design Group公司制的BeamProp(有限差分光束传播法)进行了光传播的仿真。图2是示出实施例中的树脂光波导与单模光纤之间的连接部的示意图。

[0099] (例1~40)

[0100] 例1~40中的例1~7、9~23、例25~40为实施例,是将底部包层12形成为第一层与第二层的双层构造的结构。例8、例24为比较例,是形成为底部包层仅为第一层的构造的结构。

[0101] 如下所示,通过RSoft CAD来定义树脂光波导与单模光纤的构造。

[0102] (单模光纤 400)

[0103] 芯部 410

[0104] 芯部直径 8.4 μ m

[0105] 折射率 1.47

[0106] 包层 420

[0107] 包层直径 80 μ m

[0108] 折射率 1.4652

[0109] (树脂光波导 10)

[0110] 单模光波导

[0111] 芯部 11

- [0112] 芯部尺寸 宽度方向 $5.9\mu\text{m}$, 纵向 $2.3\mu\text{m}$
- [0113] 折射率 1.534
- [0114] 底部包层 12
- [0115] 厚度 $40\mu\text{m}$
- [0116] 第一层 12a
- [0117] 折射率 1.52
- [0118] 厚度 t $2\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$
- [0119] 第二层 12b
- [0120] 第一层12a与第二层12b之间的折射率差 $0\sim 0.015$
- [0121] 例8、例24的底部包层12并未形成为双层构造,底部包层12整体的折射率为 1.52。
- [0122] 上部包层 13
- [0123] 折射率 1.52
- [0124] 厚度 $40\mu\text{m}$
- [0125] 芯部露出部 14
- [0126] 树脂光波导10的在光传播方向的长度 $2000\mu\text{m}$
- [0127] 关于利用水(折射率1.32)或空气(折射率1.00)充满芯部露出部14的状态,利用 BeamProp通过计算求出波长 $1.55\mu\text{m}$ 处的连接损耗。结果如下表所示。此外,在表中,将折射率 (n_1-n_2) 中的第一层12a的折射率设为 n_1 、第二层12b的折射率设为 n_2 。另外,表中的厚度为第一层12a的厚度。另外,光波导10的芯部11与单模光纤400的芯部410之间的偏移量Y如图2所示。另外,表中的指标如下表所示。

[0128] [表1]

[0129]

指标	连接损耗
5	5dB以下
4	超过5dB、且为10dB以下
3	超过10dB、且为15dB以下
2	超过15dB、且为20dB以下
1	超过20dB

[0130] [表2]

[0131]

	例1	例2	例3	例4	例5	例6	例7	例8
折射率差 (n_1-n_2)	0.002	0.020	0.020	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000
第一层的厚度 (μm)	2.0	4.0	6.0	2.0	6.0	10.0	14.0	0.0
$(n_1-n_2)\times$ 厚度 t (μm)	0.004	0.080	0.120	0.010	0.030	0.050	0.070	0.000
芯部露出部的状态	水	水	水	水	水	水	水	水
连接损耗(dB)	4.7	5.0	5.7	4.4	4.9	7.1	13.4	>30
指标	5	5	4	5	5	4	3	1

[0132] [表3]

[0133]

	例9	例10	例11	例12	例13	例14	例15	例16
折射率差 ($n_1 - n_2$)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015	0.015	0.015
第一层的厚度 (μm)	2.0	4.0	6.0	8.0	2.0	4.0	6.0	8.0
$(n_1 - n_2) \times$ 厚度 t (μm)	0.020	0.040	0.060	0.080	0.030	0.060	0.090	0.120
芯部露出部的状态	水	水	水	水	水	水	水	水
连接损耗 (dB)	4.6	4.4	4.7	5.4	4.8	4.4	4.6	5.3
指标	5	5	5	4	5	5	5	4

[0134] [表4]

[0135]

	例17	例18	例19	例20	例21	例22	例23	例24
折射率差 ($n_1 - n_2$)	0.002	0.020	0.020	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000
第一层的厚度 (μm)	2.0	4.0	6.0	2.0	6.0	10.0	14.0	0.0
$(n_1 - n_2) \times$ 厚度 t (μm)	0.004	0.080	0.120	0.010	0.030	0.050	0.070	0.000
芯部露出部的状态	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气
连接损耗 (dB)	7.6	6.6	7.8	5.0	6.1	11.3	18.5	>30
指标	4	4	4	5	4	3	2	1

[0136] [表5]

[0137]

	例25	例26	例27	例28	例29	例30	例31	例32
折射率差 ($n_1 - n_2$)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015	0.015	0.015
第一层的厚度 (μm)	2.0	4.0	6.0	8.0	2.0	4.0	6.0	8.0
$(n_1 - n_2) \times$ 厚度 t (μm)	0.020	0.040	0.060	0.080	0.030	0.060	0.090	0.120
芯部露出部的状态	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气
连接损耗 (dB)	5.1	5.0	5.7	7.3	5.3	5.0	5.5	7.0
指标	4	5	4	4	4	5	4	4

[0138] [表6]

[0139]

	例33	例34	例35	例36	例37	例38	例39	例40
折射率差 ($n_1 - n_2$)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
第一层的厚度 (μm)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
$(n_1 - n_2) \times$ 厚度 t (μm)	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
芯部露出部的状态	水	水	水	水	空气	空气	空气	空气
偏移量 Y (μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
连接损耗 (dB)	4.5	3.3	4.2	6.8	5.2	3.7	4.2	6.4
指标	5	5	5	4	4	5	5	4

[0140] 上述表1~表6是芯部露出部14的在光传播方向的长度为 $2000\mu\text{m}$ 的实施例,但在表7以及表8中示出芯部露出部14的长度为 $500\mu\text{m}$ 、 $1000\mu\text{m}$ 、 $1500\mu\text{m}$ 以及 $3000\mu\text{m}$ 的结果。

[0141] [表7]

[0142]

	例41	例42	例43	例44	例45	例46	例47	例48
折射率差 ($n_1 - n_2$)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
第一层的厚度 (μm)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
$(n_1 - n_2) \times$ 厚度 t (μm)	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
芯部露出部的状态	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气
芯部露出部的长度 (μm)	500	500	500	500	1000	1000	1000	1000
偏移量 Y (μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
连接损耗 (dB)	5.1	3.8	4.5	6.9	5.2	3.8	4.4	6.7
指标	4	5	5	4	4	5	5	4

[0143] [表8]

[0144]

	例49	例50	例51	例52	例53	例54	例55	例56
折射率差 ($n_1 - n_2$)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
第一层的厚度 (μm)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
$(n_1 - n_2) \times$ 厚度 t (μm)	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
芯部露出部的状态	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气
芯部露出部的长度 (μm)	1500	1500	1500	1500	3000	3000	3000	3000
偏移量 Y (μm)	0	2	4	6	0	2	4	6
连接损耗 (dB)	5.2	3.7	4.3	6.5	5.1	3.7	4.2	6.4
指标	4	5	5	4	4	5	5	4

[0145] 从表中可知,底部包层12未构成双层构造的例8、24的连接损耗大。

[0146] 另一方面,底部包层12为双层构造的例1~7、例9~23、例25~例56的连接损耗小。特别地,构成折射率差 ($n_1 - n_2$) 为0.001以上的双层构造的例1~7、例9~23、例25~例56的连接损耗小。

[0147] 例1~7、例9~23、例25~例32的第一层的厚度 t 与第一层的折射率 n_1 同第二层的折射率 n_2 之差 ($n_1 - n_2$) 的积 ($t \times (n_1 - n_2)$) 均满足 $0.001\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ 。另外,如表6所示,在处于利用水充满芯部露出部14的状态或利用空气充满芯部露出部14的状态的任一情况下,若第一层12a与第二层12b的折射率差 ($n_1 - n_2$) 为0.001以上,则不受第一层12a与第二层12b的折射率差 ($n_1 - n_2$) 的影响,另外,光波导10的芯部14与单模光纤400的芯部410之间的偏移量 Y 所造成的影响少。

[0148] 参照特定的实施形态详细地对本发明进行了说明,但对本领域技术人员而言,显然能够在不脱离本发明的精神与范围的情况下施加各种变更、修正。本申请基于2015年8月4日提出申请的日本专利申请(日本特愿2015-154192)完成,该日本申请的全部内容都通过参照而引入本说明书。

[0149] 附图标记说明:

[0150] 10:树脂光波导;11:芯部;12:底部包层;12a:第一层;12b:第二层;13:上部包层;14:芯部露出部;100:连接器;200:硅光波导芯片;210:硅光波导;220:芯部;230:包覆层;300:树脂光波导芯片;310:树脂光波导;320:芯部;330:底部包层;340:上部包层;350:芯部

露出部;400:单模光纤。

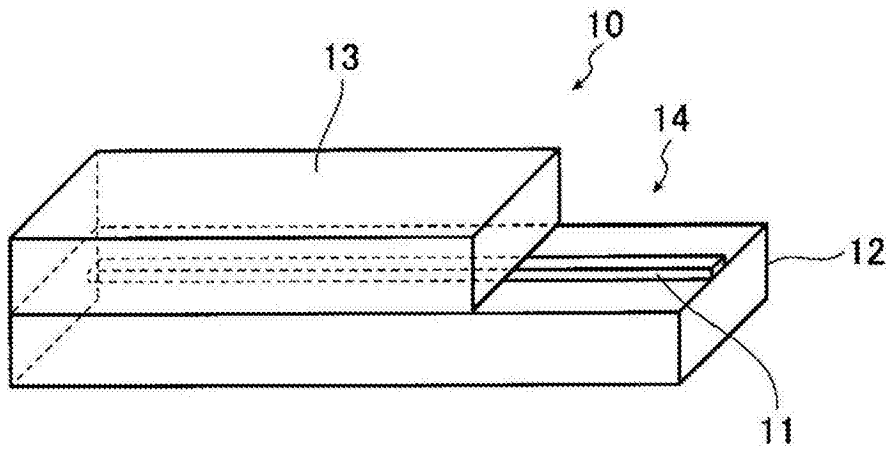


图1

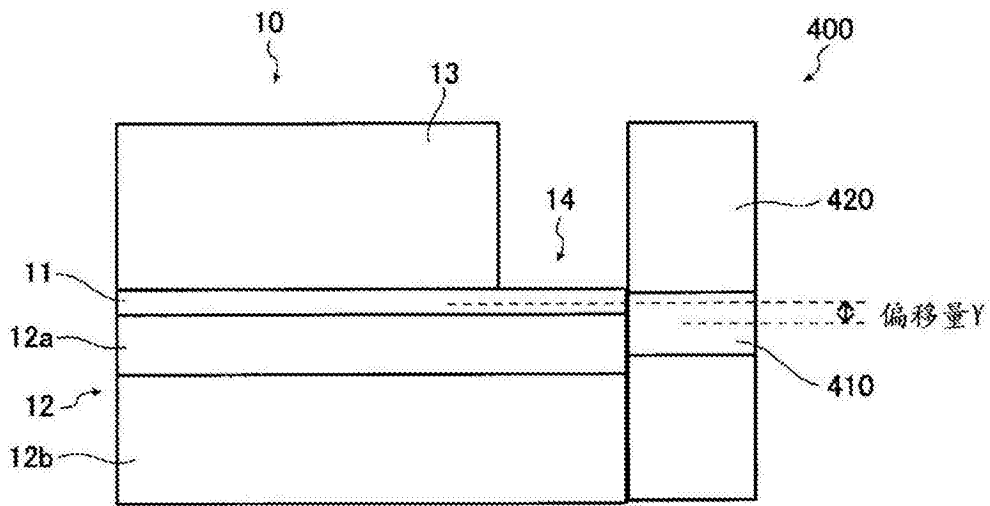


图2

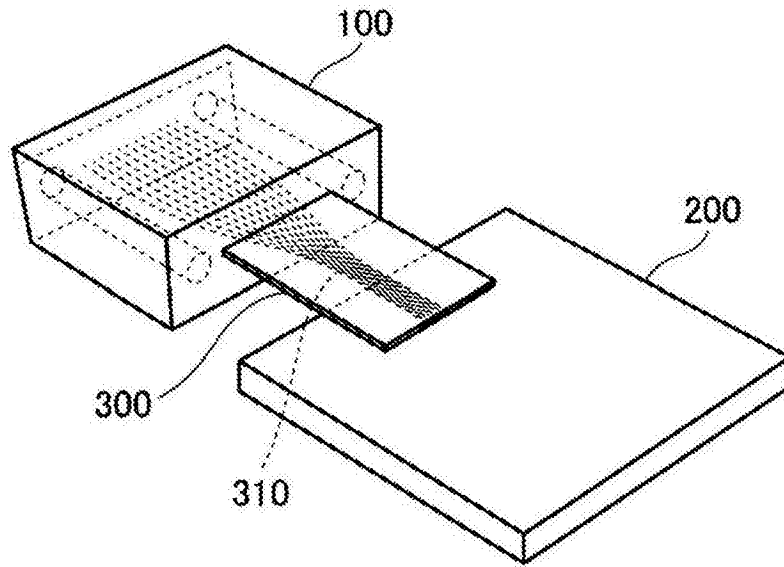


图3

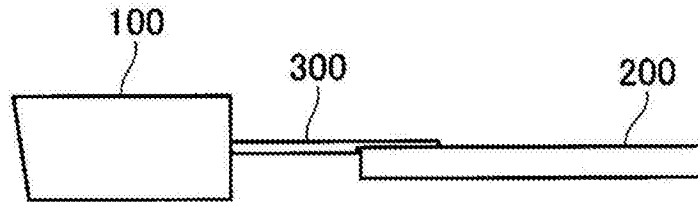


图4

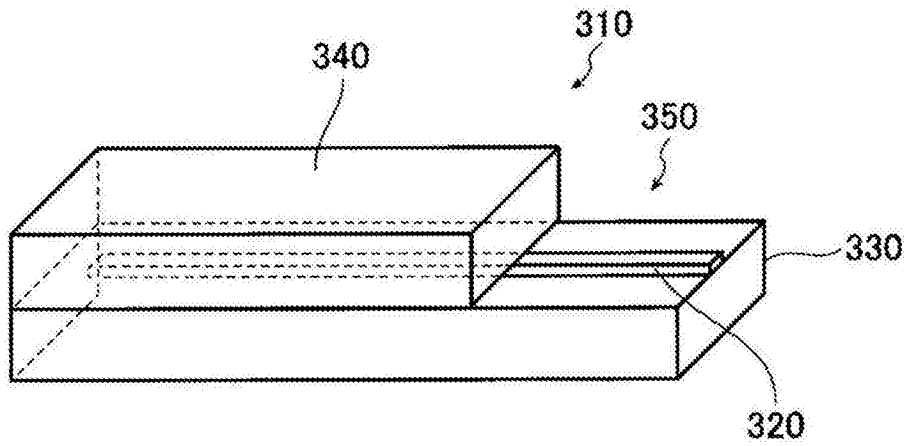


图5

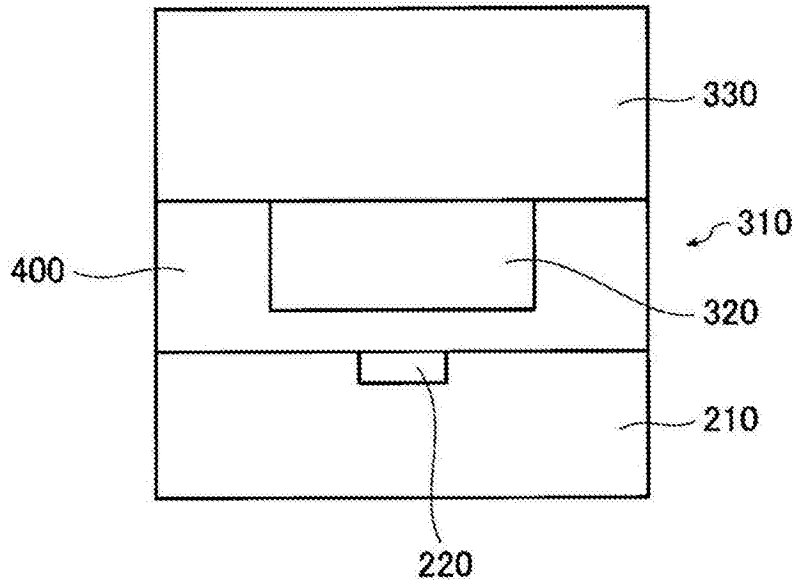


图6

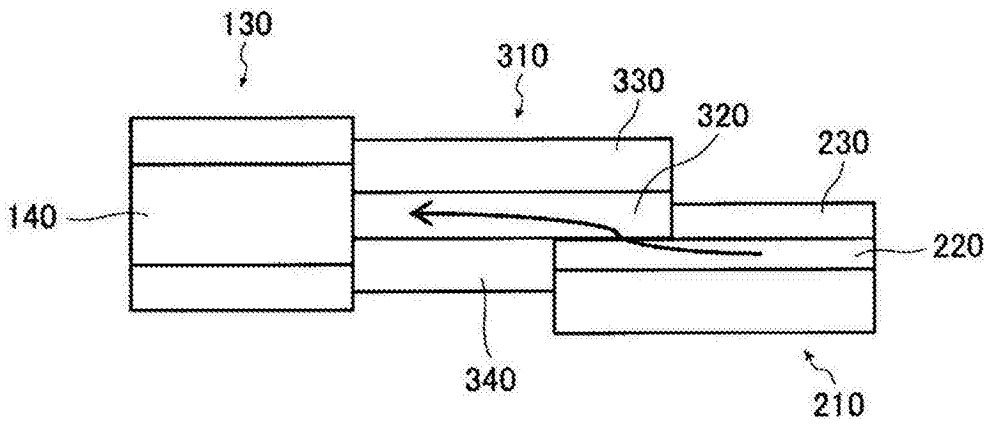


图7

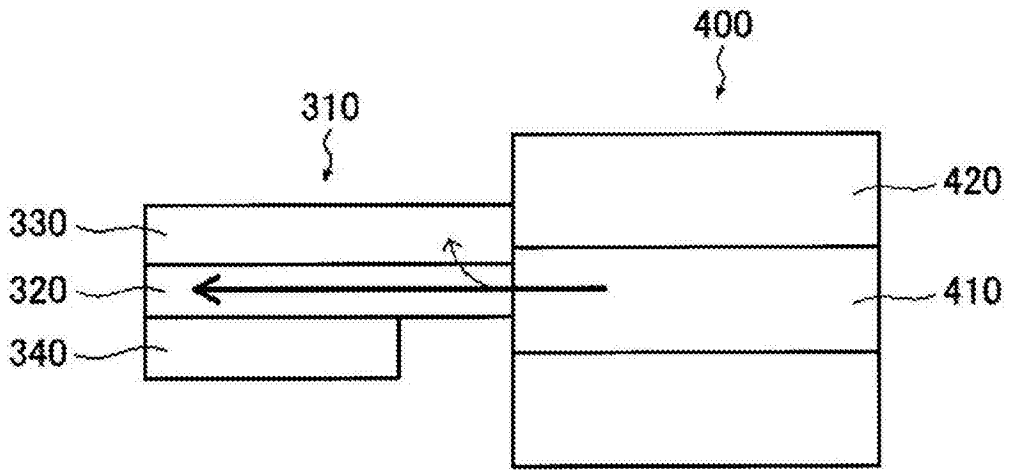


图8