



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103392120 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201280010502. 1

G02B 6/036(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 02. 22

G02B 6/04(2006. 01)

G02B 6/26(2006. 01)

(30) 优先权数据

2011-040526 2011. 02. 25 JP

2012-000258 2012. 01. 04 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 08. 26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/054306 2012. 02. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/115162 JA 2012. 08. 30

(73) 专利权人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 林哲也 岛川修

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 顾红霞 何胜勇

(51) Int. Cl.

G01M 11/02(2006. 01)

G01M 11/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 86103565 A, 1986. 11. 19,

JP 昭 63-49707 A, 1988. 03. 02,

WO 2009/107414 A1, 2009. 09. 03,

李娟等. 新型多芯光纤的模场特性分布.《激光技术》. 2009, 第 33 卷 (第 5 期), 第 529-534 页.

郑晶晶等. 单芯光纤与双芯光纤的对接和熔接耦合效率分析.《光学学报》. 2010, 第 30 卷 (第 9 期), 第 2529-2535 页.

审查员 安鹏飞

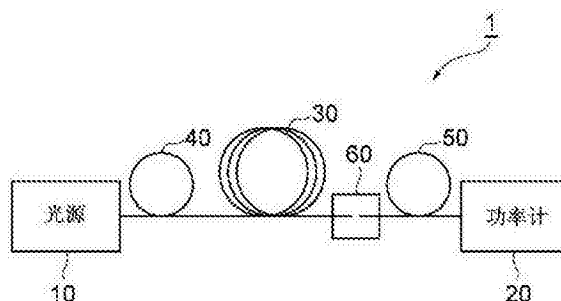
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

用于从多芯光纤输出的光的光接收方法以及分离装置

(57) 摘要

在本发明中,用于接收从多芯光纤输出的光的光接收装置使用以与凹陷型或沟槽型类似的方式提供的光接收波导,该光接收波导具有折射率比芯部周围的包层的折射率低的层,从而该低折射率层可以抑制噪声等从包层侧传播到芯部。因此,即使在芯部间串扰小的情况下,与串扰所产生的成分不同的成分减少,从而也能够准确地测量芯部间串扰。



1. 一种光接收方法,用于接收从多芯光纤输出的光,所述方法包括以下步骤:

在从所述多芯光纤输出的光所到达的位置处,设置用于对从所述多芯光纤的芯部输出的光进行引导的光接收波导,所述光接收波导具有凹陷型或沟槽辅助型的折射率结构,在所述折射率结构中,芯部被具有比包层的折射率低的折射率的层包围,其中,构成凹陷型或沟槽辅助型的层仅仅由具有比所述包层的折射率低的折射率的固体构成,或者由于固体中具有孔而形成平均折射率比所述包层的折射率低的层;

使光在所述多芯光纤的第一端面进入第一芯部;

在所述多芯光纤的与第一端面相反的第二端面,引导从不同于所述第一芯部的第二芯部输出的光通过所述光接收波导;以及

接收已被引导通过所述光接收波导的光。

2. 根据权利要求 1 所述的光接收方法,其中,

所述光接收波导包括由玻璃材料构成的光接收光纤,所述玻璃材料的表面被涂层覆盖,

在所述多芯光纤的第二芯部和所述光接收光纤的芯部对准之后,保持所述多芯光纤和所述光接收光纤而不利用粘合剂相结合,

在所述光接收光纤的包括与所述多芯光纤的第二芯部面对的端面的端部中,使已经去除涂层的玻璃部分露出,或者玻璃部分被涂层覆盖,并且

在所述光接收光纤的端部没有安装插芯的状态下,从所述多芯光纤的第二芯部输出的光进入所述光接收光纤的芯部。

3. 根据权利要求 1 所述的光接收方法,其中,

所述光接收波导包括由玻璃材料构成的光接收光纤,所述玻璃材料的表面被涂层覆盖,

在所述多芯光纤的第二芯部和所述光接收光纤的芯部对准之后,利用粘合剂将所述多芯光纤和所述光接收光纤结合在一起,

在已经去除涂层的玻璃部分露出的状态下,利用粘合剂将透明插芯安装在所述光接收光纤的包括与所述多芯光纤的第二芯部面对的端面的端部上,

用于安装所述插芯的粘合剂的折射率比所述光接收光纤的包层的折射率高,并且

在所述透明插芯安装在所述光接收光纤的端部的状态下,从所述多芯光纤的第二芯部输出的光进入所述光接收光纤的芯部。

4. 一种光接收方法,用于接收从多芯光纤输出的光,所述方法包括以下步骤:

在从所述多芯光纤输出的光所到达的位置处,设置用于对从所述多芯光纤的多个芯部输出的光进行引导的光接收波导,所述光接收波导具有多个芯部和凹陷型或沟槽辅助型的折射率结构,在所述折射率结构中,每个芯部被具有比包层的折射率低的折射率的层包围,其中,构成凹陷型或沟槽辅助型的层仅仅由具有比所述包层的折射率低的折射率的固体构成,或者由于固体中具有孔而形成平均折射率比所述包层的折射率低的层;

使测量光束或信号光在所述多芯光纤的第一端面进入一个或多个芯部;

通过将分别从第二端面上的多个芯部输出的光独立地引导至所述光接收波导的各个芯部而将分别从所述第二端面上的多个芯部输出的光以单独分离的状态输出,所述第二端面与所述多芯光纤的第一端面相反;以及

单独接收已被引导通过所述光接收波导的多个芯部的光。

5. 根据权利要求 1 或 4 所述的光接收方法, 其中, 所述光接收波导具有包括陷阱层的折射率结构, 所述陷阱层具有比所述包层的折射率高的折射率, 并且所述陷阱层设置成比构成凹陷型或沟槽辅助型的层更向外侧。

6. 一种分离装置, 其将从多芯光纤输出的光分离, 所述分离装置包括用于对从所述多芯光纤的芯部输出的光进行引导的光接收波导, 所述光接收波导具有多个芯部和凹陷型或沟槽辅助型的折射率结构, 在所述折射率结构中, 每个芯部被具有比包层的折射率低的折射率的层包围,

其中, 所述光接收波导设置在从所述多芯光纤输出的光所到达的位置处,

构成凹陷型或沟槽辅助型的层仅仅由具有比所述包层的折射率低的折射率的固体构成, 或者由于固体中具有孔而形成平均折射率比所述包层的折射率低的层,

光在所述多芯光纤的第一端面进入一个或多个芯部,

通过引导输出的光通过所述光接收波导而将在所述多芯光纤的第二端面上从各个芯部输出的光分离, 所述第二端面与所述多芯光纤的第一端面相反, 并且

单独接收已被引导通过所述光接收波导的多个芯部的光。

7. 根据权利要求 6 所述的分离装置, 其中, 所述光接收波导由多个单芯光纤构成, 所述多个单芯光纤的一侧的端部被捆绑在一起, 在所述多个单芯光纤对准以与所述多芯光纤的芯部排列匹配的状态下, 被捆绑的端部构成为插芯或连接器, 并且另一侧的端部允许所述多个单芯光纤单独地分离。

用于从多芯光纤输出的光的光接收方法以及分离装置

技术领域

[0001] 本发明涉及接收从多芯光纤输出的光的方法,以及将从多芯光纤输出的光分离的分离装置。

背景技术

[0002] 近年来,正在积极地研究每个均包括多个芯部的多芯光纤。例如,通过在与芯部的纵向垂直的横截面中二维地布置多个芯部来构造多芯光纤,并且已知在这种多个芯部之间会产生串扰。例如,在非专利文献 1 至 3 中公开了测量这种多芯光纤中的芯部间串扰的方法以及在测量期间接收从多芯光纤输出的光的光接收方法。具体而言,执行串扰的测量作为光功率从耦合源芯部转移到耦合目标芯部的转移率的测量。

[0003] 引用列表

[0004] 非专利文献

[0005] 非专利文献 1 :Proc. ECOC' 10, We. 8. F. 6 (2010)

[0006] 非专利文献 2 :Proc. OFC' 09OTuc3 (2009)

[0007] 非专利文献 3 :Proc. OFC' 10OWK7 (2010)

发明内容

[0008] 本发明要解决的问题

[0009] 本发明人已经研究了上述现有技术,结果发现了以下问题。即,当试图测量多芯光纤的串扰(其中由入射光传播引起的芯部间串扰非常低)时,存在如下情况:由于在与光接收光纤耦合期间噪声光或串扰较大,所以不能执行准确的测量。具体而言,当耦合目标芯部和出射侧光接收光纤的芯部在多芯光纤的出射端对准时,来自耦合源芯部的输出光远远大于来自耦合目标芯部的输出光并将进入光接收光纤的包层。这里,根据光纤端部的状态或光纤结构,进入光接收光纤的包层中的光与光接收光纤的芯部耦合,并且成为测量过程中的噪声。

[0010] 提出本发明来消除上述问题。本发明的目的在于提供一种用于接收从多芯光纤输出的光的光接收方法以及分离装置,即使当芯部间串扰小时,该光接收方法也能够准确地测量芯部间串扰。

[0011] 解决问题的手段

[0012] 为了实现上述目的,作为第一方面,根据本发明的接收从多芯光纤输出的光的方法在多芯光纤的出射端侧设置具有独特结构的光接收波导,使测量光束在所述多芯光纤的第一端面进入第一芯部,在与多芯光纤的第一端面相反的第二端面引导从不同于第一芯部的第二芯部输出的光通过所述光接收波导,以及接收已被引导通过所述光接收波导的光。这里,光接收波导设置在从所述多芯光纤输出的光所到达的位置处,并且是用于对从多芯光纤的芯部输出的光进行引导的波导,并且所述光接收波导具有凹陷型或沟槽辅助型的折射率结构,在所述折射率结构中,所述芯部被具有比所述包层的折射率低的折射率的层包

围。

[0013] 需要注意的是,构成凹陷型的凹陷层和构成沟槽辅助型的沟槽层中的至少一者不必完全由固体构成,还可以是由于孔而导致平均折射率比所述包层的折射率低的结构。

[0014] 根据第一方面的光接收方法,由于利用凹陷型或沟槽辅助型光接收波导(其芯部被具有比包层的折射率低的折射率的层包围)作为用于接收从多芯光纤输出的光的光接收装置,所以具有低折射率的层能够抑制噪声等从包层传播到芯部。因此,即使在测量具有微小芯部间串扰的多芯光纤的情况下,由于减少了与光功率中的串扰产生成分不同的成分,所以也能够准确地测量芯部间串扰。

[0015] 这里,作为有效地产生上述效果的构造(作为可以应用于第一方面的第二方面),可以采用以下方面。具体而言,所述光接收波导包括由玻璃材料构成的光接收光纤,所述玻璃材料的表面被涂层覆盖。在所述多芯光纤的第二芯部和所述光接收光纤的芯部对准之后,保持所述多芯光纤和所述光接收光纤而不利用粘合剂相结合。在所述光接收光纤的包括与所述多芯光纤的第二芯部面对的端面的端部中,使已经去除涂层的玻璃部分露出,或者玻璃部分被涂层覆盖。在第二方面中,在所述光接收光纤的端部没有安装插芯的状态下,从所述多芯光纤的第二芯部输出的光进入所述光接收光纤的芯部。

[0016] 作为有效地产生上述效果的另一构造,可以采用以下方面(可以应用于第一方面的第三方面)。具体而言,所述光接收波导包括由玻璃材料构成的光接收光纤,所述玻璃材料的表面被涂层覆盖。在所述多芯光纤的第二芯部和所述光接收光纤的芯部对准之后,利用粘合剂将所述多芯光纤和所述光接收光纤结合在一起。在已经去除涂层的玻璃部分露出的状态下,利用粘合剂将透明插芯安装在所述光接收光纤的包括与所述多芯光纤的第二芯部面对的端面的端部上。需要注意的是,用于安装所述插芯的粘合剂的折射率比所述光接收光纤的包层的折射率高。在第三方面中,在所述透明插芯安装在所述光接收光纤的端部的状态下,从所述多芯光纤的第二芯部输出的光进入所述光接收光纤的芯部。

[0017] 此外,作为第四方面,根据本发明的接收从多芯光纤输出的光的光接收方法在多芯光纤的出射端侧设置具有独特结构的光接收波导,使测量光束或信号光在所述多芯光纤的第一端面进入一个或多个芯部,通过引导从各个芯部输出的光通过所述光接收波导而将在所述多芯光纤的第二端面上从各个芯部输出的光分离,以及单独接收已被引导通过所述光接收波导的多个芯部的光,其中所述第二端面与所述多芯光纤的第一端面相反。

[0018] 在第四方面中,所述光接收波导设置在从所述多芯光纤输出的光所到达的位置处,并且是用于对从所述多芯光纤的芯部输出的光进行引导的波导,并且所述光接收波导具有包括多个芯部的凹陷型或沟槽辅助型的折射率结构,其中每个芯部被具有比包层的折射率低的折射率的层包围。此外,凹陷层和沟槽层中的至少一者仅仅由具有比所述包层的折射率低的折射率的固体构成,或者由于固体中具有孔而形成平均折射率比包层的折射率低的层。

[0019] 作为能够应用于第四方面的第五方面,所述光接收波导可以具有包括陷阱层的折射率结构,所述陷阱层具有比所述包层的折射率高的折射率,并且所述陷阱层比构成凹陷层或沟槽层更向外侧设置。

[0020] 此外,作为第五方面,根据本发明的将从多芯光纤输出的光分离的分离装置包括用于对从所述多芯光纤的芯部输出的光进行引导的光接收波导。所述光接收波导具有独特

的结构,并且设置在从所述多芯光纤输出的光所到达的位置处。所述光接收波导具有包括多个芯部的凹陷型或沟槽辅助型的折射率结构,在所述折射率结构中,每个芯部被具有比包层的折射率低的折射率的层包围。此外,凹陷层和沟槽层中的至少一者仅仅由具有比包层的折射率低的折射率的固体构成,或者由于固体中具有孔而可以形成为平均折射率比包层的折射率低的层。

[0021] 在第五方面中,测量光束或信号光在所述多芯光纤的第一端面进入一个或多个芯部。通过引导在多芯光纤的与第一端面相反的第二端面从各个芯部输出的光通过所述光接收波导而将在所述第二端面上从各个芯部输出的光分离。因此,单独接收被引导通过所述光接收波导的多个芯部的光。

[0022] 作为有效地产生第五方面的效果的构造,可以采用以下方面(可以应用于第五方面的第六方面)。具体而言,所述光接收波导由多个单芯光纤构成,所述多个单芯光纤的一侧的端部被捆绑在一起。在所述多个单芯光纤对准以与所述多芯光纤的芯部排列匹配的状态下,所述光接收波导的被捆绑的端部构成为插芯或连接器。同时,所述光接收波导的另一端部允许所述多个单芯光纤单独地分离。

[0023] 本发明的效果

[0024] 根据本发明,能够提供一种用于接收从多芯光纤输出的光的光接收方法,即使在测量具有小芯部间串扰的多芯光纤的情况下,所述光接收方法也能够准确地测量芯部间串扰。

附图说明

[0025] 图1是示出用于测量多芯光纤的芯部间串扰以及在测量期间接收从多芯光纤输出的光的装置构造的实例的示意图;

[0026] 图2示出多芯光纤和光接收光纤的光学连接状态的说明图;

[0027] 图3示出光接收光纤的折射率分布的实例的示意图;

[0028] 图4是连接匹配包层型单模光纤时的耦合功率分布;

[0029] 图5是连接沟槽辅助型单模光纤时的耦合功率分布;

[0030] 图6是示出归一化的光接收功率平均值的示意图,其中轴向位移的绝对值在30至50 μm 的范围内;

[0031] 图7示出沟槽辅助型结构和具有陷阱层的凹陷型结构的折射率分布的说明图,其中的折射率分布为光接收光纤的折射率分布;以及

[0032] 图8是光接收波导的构造的实例的说明图。

具体实施方式

[0033] 在下文中,将参考附图详细地说明用于实现本发明的优选实施例。需要注意的是,对附图进行说明的相同元件采用相同的附图标记,并且省略其重复说明。

[0034] 图1是示出用于测量多芯光纤的芯部间串扰以及在测量期间接收从多芯光纤输出的光的装置构造的实例的示意图。当测量多芯光纤的芯部间串扰时,使测量光束仅仅进入待测量的多芯光纤的特定芯部,并且需要测量从该芯部或诸如另一芯部等特定芯部发出的光。因此,如图1所示,芯部间串扰测量装置1包括:光源10;单模光纤40(光发射光纤),

其与多芯光纤 30 的入射端上的任一芯部光学连接,多芯光纤 30 的一端被测量;单模光纤 50(作为光接收波导的光接收光纤);光学部件 60,其用于将多芯光纤 30 的出射端与单模光纤 50 光学连接;以及功率计 20。具体而言,在测量装置 1 中,作为一个实例,将待测量的多芯光纤 30 设置在光源 10 与功率计 20 之间。单模光纤 40 设置在多芯光纤 30 的入射端侧,单模光纤 50 设置在多芯光纤 30 的出射端侧。多芯光纤 30 和单模光纤 50 经由用于连接芯部的光学部件 60 而连接。此外,可以使用光波导等来代替单模光纤 40、50。

[0035] 这里,在本实施例中,将用于引导从待测量的多芯光纤 30 输出的光且与多芯光纤 30 相比设置在后段(输出端侧)的单芯光纤或光波导称为光接收波导。此外,单模光纤 40、50 由玻璃材料制成,且表面被涂层覆盖。

[0036] 例如,基于图 2 所示的构造能够实现多芯光纤 30 的芯部与单模光纤 40 的芯部的耦合。作为一个实例,图 2 的 (A) 示出实现非接触式光学耦合的构造。此外,图 2 的 (B) 的实例示出利用粘合剂将多芯光纤 30 的芯部与单模光纤 40 的芯部固定在一起的构造。需要注意的是,测量光束被引入到待测量的多芯光纤 30 的第一芯部 31。单模光纤 50 光学耦合到不同于第一芯部 31 的第二芯部 32 的出射端面 30a,以便测量多芯光纤 30 中的芯部间串扰(从第二芯部 32 输出的光被引导通过单模光纤 50)。

[0037] 在图 2 的 (A) 中,单模光纤 50 的端部放置在由下部件和上部件构成的保持器 61 上,下部件和上部件中形成有 V 形槽。保持器 61 沿图中的箭头 S_{1a} 、 S_{1b} 所示的水平方向移动,并且还沿图中的箭头 S_{2a} 、 S_{2b} 所示的竖直方向移动。保持器 61 使单模光纤 50 的芯部相对于多芯光纤 30 中的第二芯部 32 做相对移动,由此将第二芯部 32 和单模光纤 50 的芯部在多芯光纤 30 中对准,其中,单模光纤 50 的一个端部放置在保持器 61 上。需要注意的是,在图 2 的 (A) 所示的实例中,在对准之后,保持多芯光纤 30 和单模光纤 50 而不利用粘合剂相结合。此外,在单模光纤 50 的包括与多芯光纤 30 的第二芯部 32 面对的端面的端部中,使已经去除涂层的玻璃部分露出(或者玻璃部分可以被涂层覆盖)。在单模光纤 50 的端部上没有安装插芯。根据该构造,在单模光纤 50 的端部没有安装插芯的状态下,从多芯光纤 30 的第二芯部 32 输出的光进入单模光纤 50 的芯部。

[0038] 同时,在图 2 的 (B) 中,在多芯光纤 30 的第二芯部 32 和单模光纤 50 的芯部对准之后,利用粘合剂 63 将多芯光纤 30 和单模光纤 50 结合在一起。随后,在已经去除涂层的玻璃部分被露出的状态下,利用粘合剂 64 将透明插芯 62 安装在单模光纤 50 的包括与多芯光纤 30 的第二芯部 32 面对的端面的端部上(插芯 62 沿箭头 S_3 在单模光纤 50 的端部上移动)。需要注意的是,用于安装插芯的粘合剂的折射率比单模光纤 50 的包层的折射率高。根据该构造,在透明插芯安装在单模光纤 50 的端部的状态下,从多芯光纤 30 的第二芯部 32 输出的光进入单模光纤 50 的芯部。

[0039] 考虑如下情况:将光接收波导设置在多芯光纤 30 的后段,并且使测量光束从多芯光纤 30 经由光接收波导输出,由此测量多芯光纤中的芯部间串扰,在多芯光纤中,在测量光束的传播过程中所产生的芯部间串扰极其微小。在上述条件下,确认能够测量到如下串扰:该串扰与根据光的传播从理论值预期的芯部间串扰相比更大。另外,本发明的发明人发现,即使在考虑从下列数学公式 (1) 预期的多芯光纤和光接收波导的耦合部分中的芯部间串扰时也不能对该值予以解释,数学公式 (1) 是对接耦合的耦合效率的实验公式(Katsunari Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides(光波导的基础),Corona 出

版)。

$$[0040] \quad c_{pq} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{u}_z \cdot (\mathbf{E}_p^* \times \mathbf{H}_q + \mathbf{E}_q \times \mathbf{H}_p^*) dx dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{u}_z \cdot (\mathbf{E}_p^* \times \mathbf{H}_p + \mathbf{E}_p \times \mathbf{H}_p^*) dx dy} \quad (1)$$

[0041] 需要注意的是,在上述数学公式(1)中,E是电场的矢量,H是磁场的矢量,以p作为指数(下标)的参数是对接耦合的输出侧的成分,以q作为指数(下标)的参数是入射侧的成分,并且 $\mathbf{u}_z$ 是光沿传播方向的单位矢量。

[0042] 当基于标量表示的电场简单地重写上述数学公式(1)时,获得下列数学公式(2),并且光强度的耦合系数能够表示为下列数学公式(3)。

$$[0043] \quad c_{pq} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E_p E_q dx dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E_p^2 dx dy} \quad (2)$$

$$[0044] \quad \mu_{pq} = c_{pq}^2 = \left(\frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E_p E_q dx dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E_p^2 dx dy} \right)^2 \quad (3)$$

[0045] 通常,在单模光纤中,基模的电场分布随着从芯部的中心分离而单调减少。

[0046] 这里,为了检查多芯光纤和光接收波导的耦合部分中的串扰(其中光传播期间的芯部间串扰极其微小,可以忽略不计),使用实际的单模光纤来检查芯部轴向位移与耦合部分中的耦合功率的关系(耦合功率分布),在该耦合部分处单芯光纤(单模光纤:SMF)相耦合。当无轴向位移时,耦合功率被归一化为0dB。

[0047] 图3示出单模光纤的折射率分布的实例。图3的(A)示出由包层A和具有比包层A的折射率高的折射率的芯层B组成的匹配包层(matched cladding)型折射率分布,图3的(B)示出在包层A内部包括具有低折射率的沟槽层C的沟槽辅助(trench-assisted)型折射率分布,图3的(C)示出在包层A和芯层B之间包括凹陷层D的凹陷(depressed)型折射率分布。另外,图4示出匹配包层型单模光纤的耦合损耗分布,图5示出沟槽辅助型单模光纤的耦合损耗分布。

[0048] 这里,在图4和图5中,“方形玻璃”、“具有金属的柱状玻璃”和“氧化锆”分别表示安装在单模光纤50的端部上的插芯的材料。具体而言,“方形玻璃”表示具有方形横截面的棒状玻璃插芯,“具有金属的柱状玻璃”表示表面上安装有金属外壳的玻璃插芯,“氧化锆”表示由氧化锆制成的插芯。此外,“裸光纤”表示单模光纤50的端部的涂层被去除而露出玻璃部分的状态。

[0049] 在图4和图5中,完全单峰图案的部分是在轴向位移的绝对值为大约25至30 μm 以下的范围内能够看到的部分且是能够利用上述数学公式(1)至(3)解释的部分。同时,在轴向位移的绝对值大于25至30 μm 的范围内能够看到的波状部分是不能利用数学公式(1)至(3)解释的部分。与图4相比,图5中的单峰图案具有更陡的形状的原因在于后者中芯部传播模式的伸展更小。

[0050] 这里,图 6 示出了图 4 和图 5 中轴向位移的绝对值为 30 至 50 μm 的范围(不能利用数学公式(1)至(3)解释的范围)内的耦合功率的平均值。

[0051] 根据图 6 的结果,关于光纤,按匹配包层型单模光纤然后沟槽辅助型单模光纤的顺序,耦合功率的平均值较高。关于插芯,可以看出,按氧化锆插芯、玻璃插芯(无论形状如何或是否存在金属部分)、然后裸光纤的顺序,耦合功率的平均值较高。根据上面的描述,可以确认,与匹配包层型单模光纤对接耦合时的情况相比,当沟槽辅助型单模光纤对接耦合时,耦合功率的平均值减少相当大。

[0052] 获得上述结果的原因可以定性地解释如下。

[0053] (A) 首先,上述数学公式(1)至(3)表示仅仅出现在光纤端面的对接部分处的耦合。然而,实际上,当轴向位移增大时,基于对接耦合的耦合到输出侧光纤的芯部中的耦合功率将减小,并且大部分功率将被耦合到包层。虽然包层的传播模式不稳定且传播损耗大,但是在从包层模传播到芯部模时存在耦合,这在对接耦合中与芯部的耦合大时可以忽略不计,但在对接耦合中与芯部的耦合小时不能被忽略。

[0054] (B) 此外,对于沟槽辅助型单模光纤,由于在芯部的周围存在具有低折射率的沟槽层,所以沟槽层作为屏障抑制从包层模到芯部模的耦合。

[0055] (C) 本应该逃逸到包层外的光被散射或反射到插芯或用来将插芯和光纤结合的粘合剂上。因此,本应该逃逸到包层外的光被困在包层中,并且增大了从包层模耦合到芯部模的光的功率。

[0056] 基于上述分析,确认对于在用于测量待测量的多芯光纤中的芯部间串扰的测量系统中使用的光接收波导,所希望的折射率分布形状包括以下特征。

[0057] (1) 在芯部和包层之间存在具有比包层的折射率低的折射率的部分,例如沟槽辅助型折射率分布或凹陷型折射率分布。

[0058] (2) 沟槽层或凹陷层相对于包层具有足以抑制从包层模到芯部模的耦合的厚度和折射率差。

[0059] (3) 在上述前提下,从芯部中心到沟槽层和包层的界面处的半径(沟槽外径)或者到凹陷层和包层的界面处的半径(凹陷层)应该尽可能小。其原因在于,当测量多芯光纤中的芯部间串扰时,在利用光接收波导从耦合目标芯部接收输出光之后,来自耦合源芯部的输出光的功率的大部分在多芯光纤和光接收波导的对接表面耦合到包层外径或凹陷层外径之外。这样的目的是防止应该禁止耦合到光接收波导的芯部上的成分耦合到用于抑制的屏障内。

[0060] 此外,当光接收波导是光纤(光接收光纤)时,与多芯光纤 30 对接的端部优选地包括以下特征。

[0061] (4) 当没有必要将多芯光纤与光接收光纤结合时(当进行熔接或在对准机上进行测量时),希望的是去除涂层而露出玻璃部分。然而,如果涂层的折射率比包层的折射率高并且即使保留涂层也能整齐地切割光接收光纤的端面,则玻璃部分可以被涂层覆盖。

[0062] (5) 当有必要将多芯光纤与光接收光纤结合时,光接收光纤和插芯的粘合体需要具有一定大小的面积。因此,优选的是,光接收光纤处于结合到插芯上的状态下。此外,优选的是,插芯由如下材料构成:没有散射地使得用于测量的波带的光透过,从而散射的光不返回到光接收光纤。另外,为了使包层的功率能够容易地逃逸到插芯,插芯和用于将插芯和

光纤结合的粘合剂具有比光接收光纤的包层的折射率高的折射率。

[0063] (6) 当插芯和用于将插芯和光接收光纤结合的粘合剂的折射率比光接收光纤的包层的折射率低时,还可以在沟槽界面或凹陷界面外侧的包层中,提供具有比包层的折射率高的折射率的层(陷阱层),并且使包层模耦合到陷阱层。这里,甚至在陷阱层的外侧还设置有包层,陷阱层的外侧界面也可以是玻璃和空气的界面。图7中示出了设置有陷阱层的光接收光纤的折射率分布的实例。图7的(A)示出了包括陷阱层E的沟槽辅助型折射率分布,图7的(B)示出了包括陷阱层E的凹陷型折射率分布。需要注意的是,在图7的(A)的折射率分布中,包层A设置在芯部层B的外周,沟槽层C和陷阱层E从最靠近芯部层B的层按顺序设置在包层A中。此外,在图7的(B)的折射率分布中,凹陷层D设置在芯部层B和包层A之间,陷阱层E设置在包层A中的比凹陷层D更远离芯部层B的位置处。

[0064] 如上所述,根据本实施例的接收从多芯光纤输出的光的光接收方法,由于利用凹陷型或沟槽辅助型光接收波导(其中芯部被具有比包层的折射率低的折射率的层包围)作为用于接收从多芯光纤输出的光的光接收装置,所以低折射率的层能够抑制噪声等从包层侧传播到芯部。因此,即使在芯部间串扰小的情况下,由于减少了与光功率中的串扰产生成分不同的成分,所以也能够准确地测量芯部间串扰。

[0065] 上面提供了主要与串扰的测量有关的说明,但是上述光接收波导也可以具有多个芯部,并且本实施例的从多芯光纤输出的光的光接收方法还能够抑制芯部间串扰,并且即使同时且独立地从多芯光纤的多个芯部提取信号光,也能低噪地提取信号光。因此,本发明还可以适用于关注除了测量串扰之外的测量串扰影响的方法(例如,传输损耗或截止波长的测量),或者适用于利用光接收装置对传输系统中的多芯光纤接收信号光。

[0066] 图8中示出了包括上述多个芯部的光接收波导的具体构造。图8所示的光接收波导70包括多个单芯光纤71,各单芯光纤71均包括芯部71a并且满足本发明的特征,多个单芯光纤71的一个端部被捆绑在一起。在所述多个单芯光纤71对准以与多芯光纤30的芯部排列匹配的状态下,该一个端部形成为插芯或连接器(图8示出利用插芯72固定一个端部的实例)。同时,在光接收波导70的另一端部处,单芯光纤逐个分离。图8所示的光接收波导70是在维持预定排列的状态下多个单芯光纤71的一个端部被捆绑在一起的散开装置,并且多个单芯光纤71均在另一端部分离。这种光接收波导70也可以用作如下光接收波导,该光接收波导用于引导从多芯光纤30的出射端面30a上的各个芯部输出的光。

[0067] 附图标记列表

[0068] 1... 芯部间串扰测量装置;10... 光源;20... 功率计;30... 多芯光纤;40... 单模光纤(光发射波导);50... 单模光纤(光接收波导);60... 光学部件;61... 保持器;62... 插芯;以及70... 光接收波导。

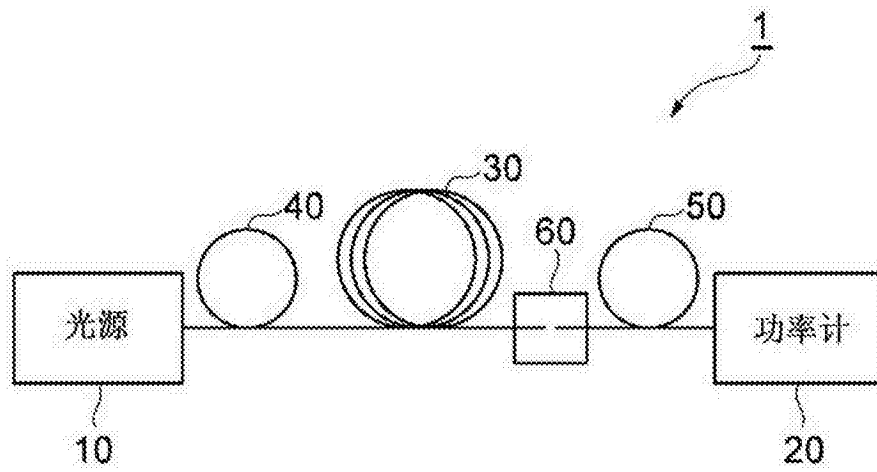
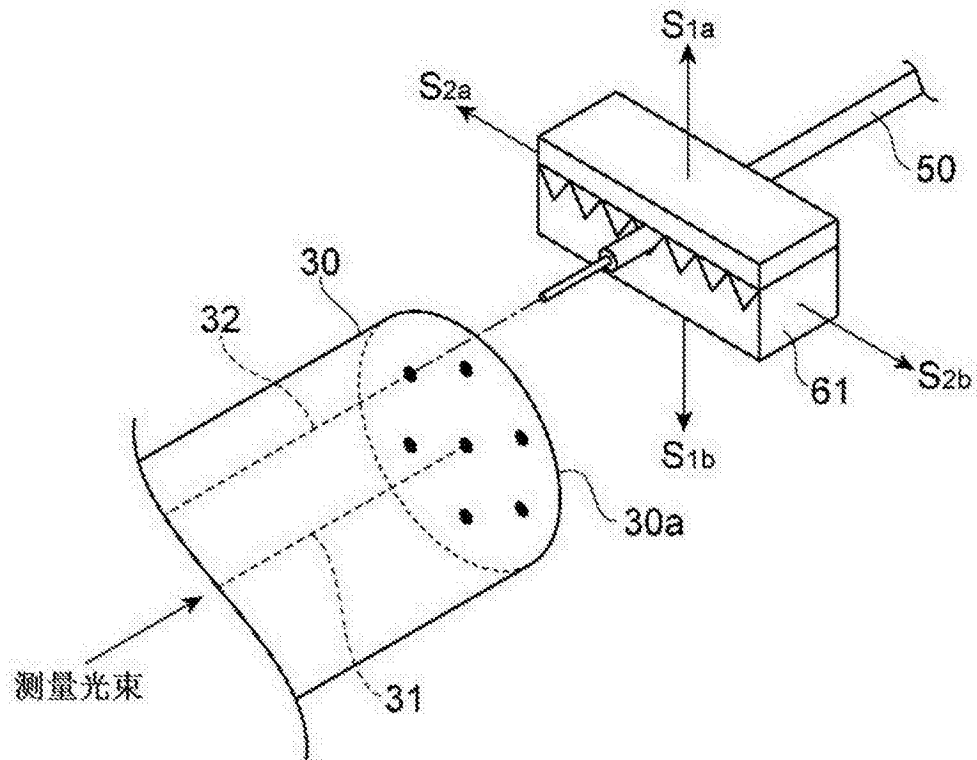


图 1

(A)



(B)

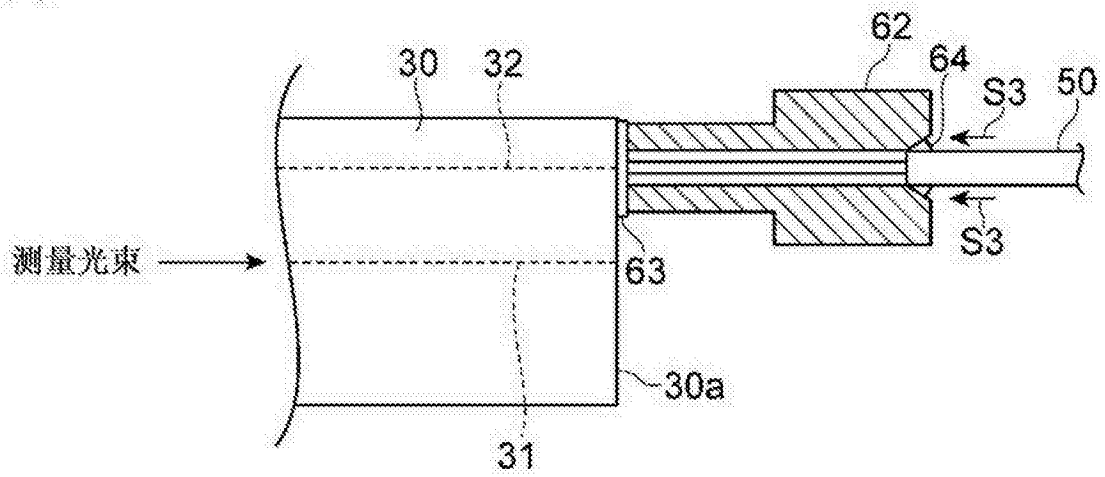


图 2

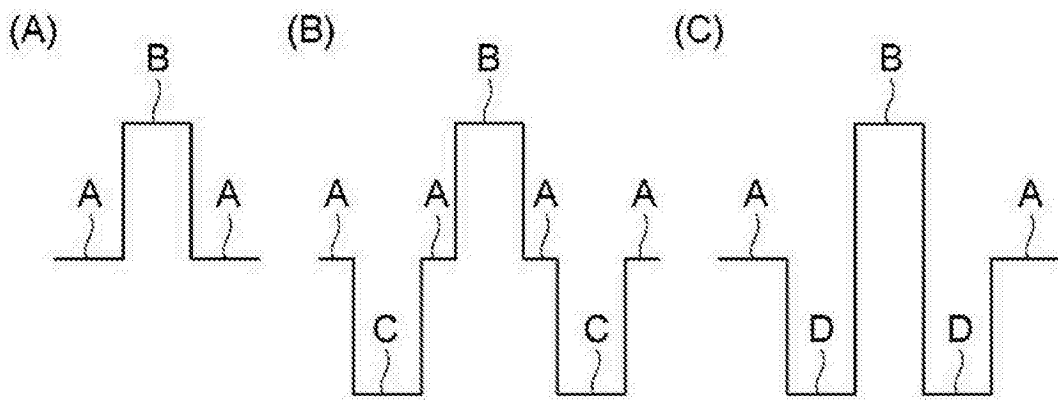


图 3

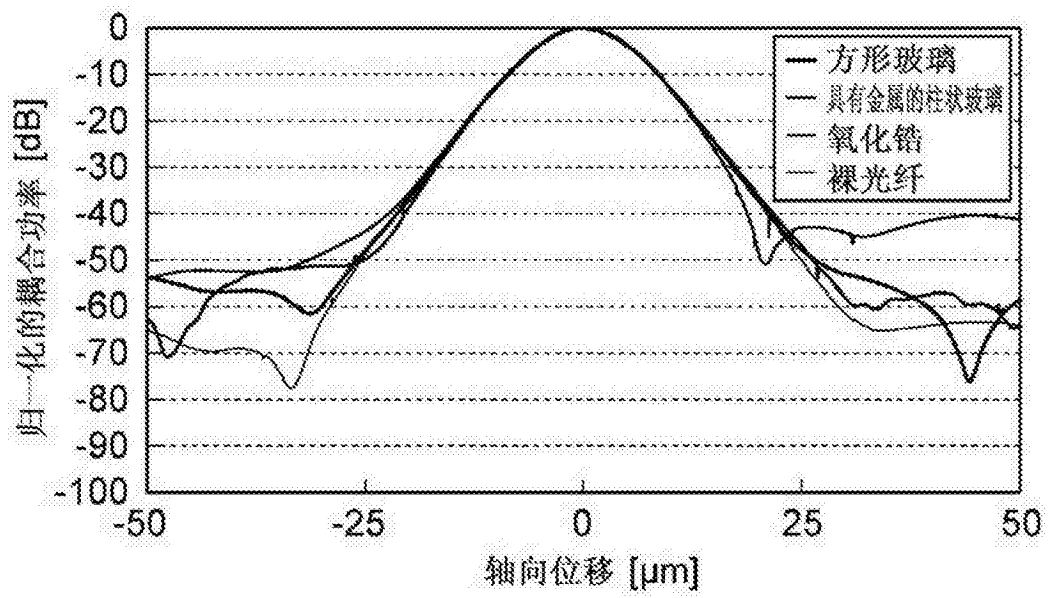


图 4

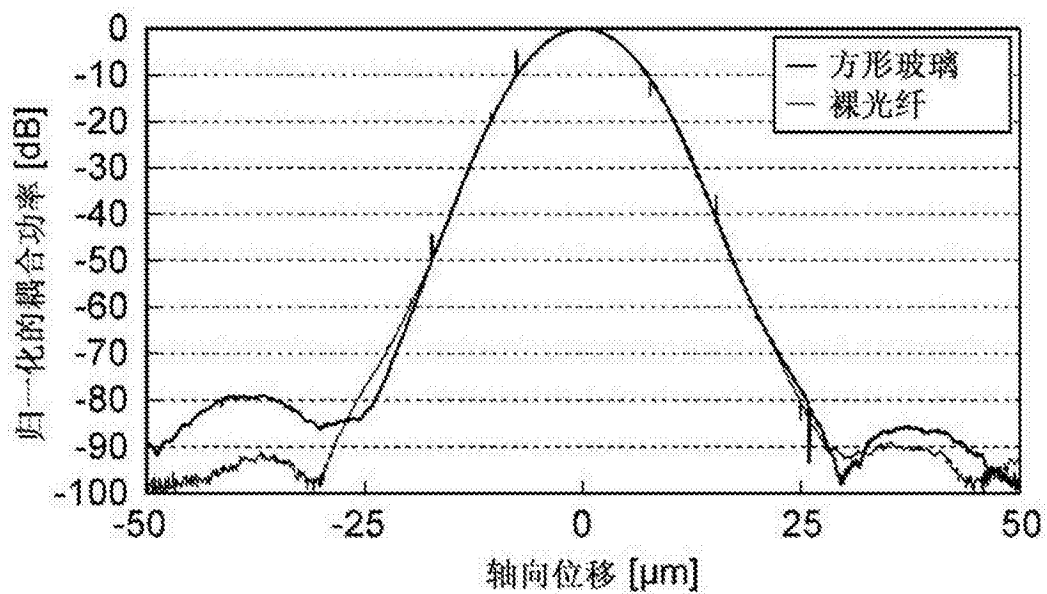


图 5

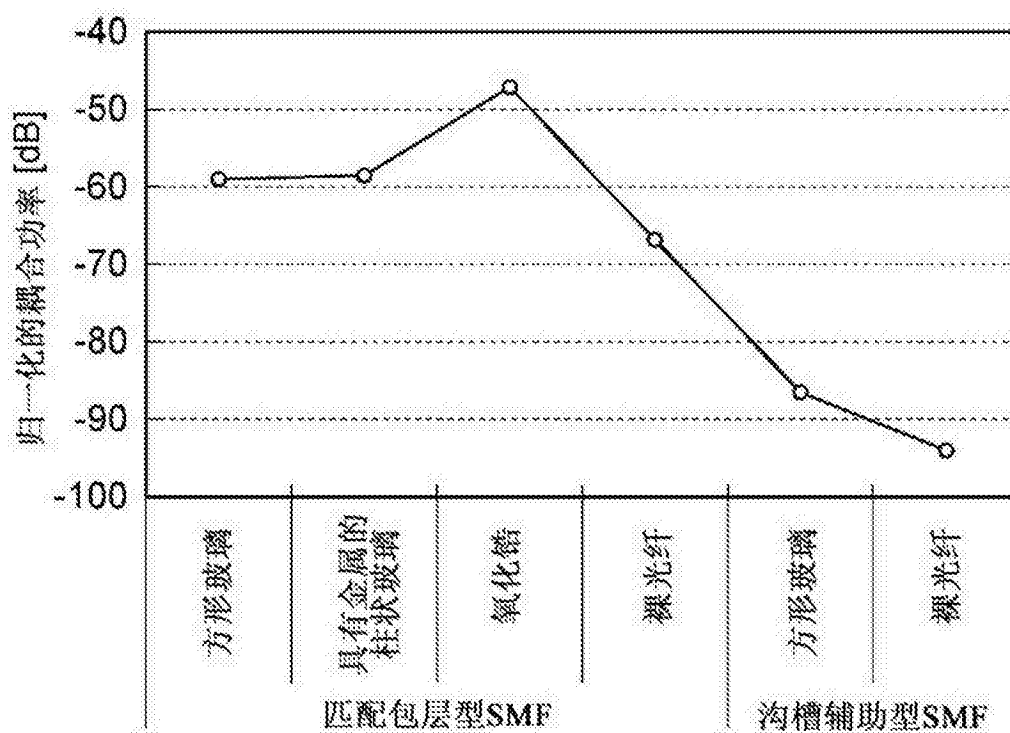


图 6

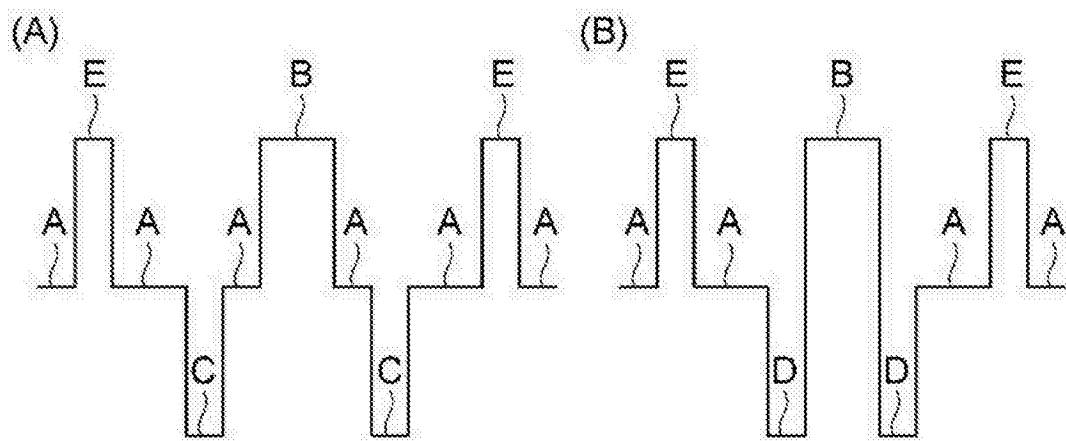


图 7

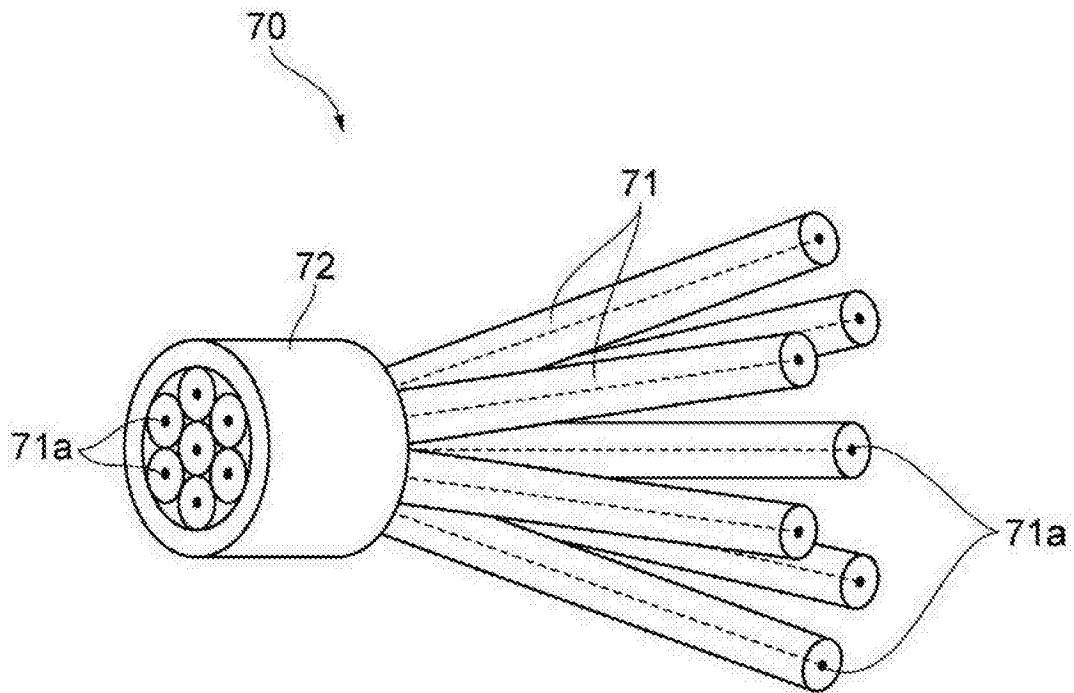


图 8