



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119422089 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 11

(21) 申请号 202380049461.5

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(22) 申请日 2023.05.30

专利代理师 郭忠健

(30) 优先权数据

2022-126585 2022.08.08 JP

(51) Int.Cl.

G02B 6/02 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.12.24

G02B 6/38 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/020030 2023.05.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/034233 JA 2024.02.15

(71) 申请人 株式会社藤仓

地址 日本

(72) 发明人 小田拓弥

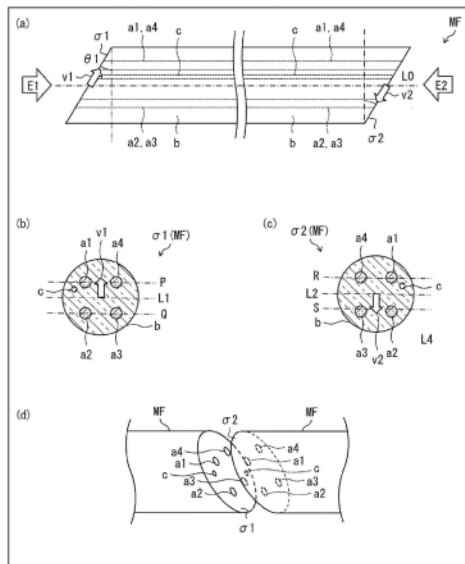
权利要求书2页 说明书20页 附图9页

(54) 发明名称

多芯光纤、光器件以及多芯光纤的制造方法

(57) 摘要

本发明实现能够容易地测定标记的位置的多芯光纤。在多芯光纤 (MF) 的端面 ($\sigma 1$) 中, 多个纤芯 ($a1 \sim an$) 相对于与端面 ($\sigma 1$) 的倾斜方向 ($v1$) 正交的假想轴 ($L1$) 配置为线对称状。通过假想轴 ($L1$) 将端面 ($\sigma 1$) 假想地分割为第一区域和第二区域这两个区域, 将在设置于第一区域的纤芯 ($a1, a4$) 之中最远离假想轴 ($L1$) 的纤芯设为第一纤芯、将在设置于第二区域的纤芯 ($a2, a3$) 之中最远离假想轴 ($L1$) 的纤芯设为第二纤芯, 在端面 ($\sigma 1$) 中, 标记 (c) 的中心包含在通过第一纤芯或第一纤芯的模场且与假想轴 ($L1$) 平行的直线和通过第二纤芯或第二纤芯的模场且与假想轴 ($L1$) 平行的直线之间的区域。



1. 一种多芯光纤,其特征在于,

具有:包层;多个纤芯,形成于所述包层内;至少一个标记,形成于所述包层内;以及端面,以不与所述多个纤芯的延伸方向正交的方式倾斜,

在所述端面中,所述多个纤芯相对于与所述端面的倾斜方向正交的假想轴配置为线对称状,

在通过所述假想轴将所述端面假想地分割为第一区域和第二区域这两个区域时,将在所述多个纤芯中的设置于所述第一区域的纤芯之中最远离所述假想轴的纤芯设为第一纤芯、将在所述多个纤芯中的设置于所述第二区域的纤芯之中最远离所述假想轴的纤芯设为第二纤芯,在所述端面中,所述标记的中心包含在穿过所述第一纤芯或所述第一纤芯的模场且与所述假想轴平行的直线和穿过所述第二纤芯或所述第二纤芯的模场且与所述假想轴平行的直线之间的区域。

2. 根据权利要求1所述的多芯光纤,其特征在于,

在所述端面中,(1)所述多个纤芯中的距所述标记最近的纤芯与距所述标记第二近的纤芯配置为夹着所述假想轴,或(2)所述多个纤芯中的距所述标记最近的纤芯配置在所述假想轴上,或者(3)所述多个纤芯中的距所述标记第二近的纤芯配置在所述假想轴上。

3. 根据权利要求2所述的多芯光纤,其特征在于,

在所述端面中,所述标记的中心配置于被穿过距所述标记最近的纤芯的中心且与所述假想轴平行的直线和穿过距所述标记第二近的纤芯的中心且与所述假想轴平行的直线夹着的区域内。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的多芯光纤,其特征在于,

所述假想轴与所述多个纤芯的任一个均不相交。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的多芯光纤,其特征在于,

具有以不与所述多个纤芯的延伸方向正交的方式倾斜的另一端面,

在所述另一端面中,所述多个纤芯相对于与所述端面的倾斜方向正交的假想轴配置为线对称状,(1)所述多个纤芯中的距所述标记最近的纤芯与距所述标记第二近的纤芯配置为夹着所述假想轴,或(2)所述多个纤芯中的距所述标记最近的纤芯配置在所述假想轴上,或者(3)所述多个纤芯中的距所述标记第二近的纤芯配置在所述假想轴上。

6. 一种多芯光纤,其特征在于,

具备:第一多芯光纤,是权利要求1~5中任一项所述的多芯光纤;和第二多芯光纤,是权利要求1~5中任一项所述的多芯光纤,

所述第一多芯光纤的所述端面与第二多芯光纤的所述端面被以所述第一多芯光纤的所述多个纤芯的每一个与所述第二多芯光纤的所述多个纤芯中的任一个至少局部重合的方式连接。

7. 根据权利要求6所述的多芯光纤,其特征在于,

所述第一多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第一多芯光纤的所述端面中距所述第一多芯光纤的所述标记最近的纤芯与所述第二多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第二多芯光纤的所述端面中距所述第二多芯光纤的所述标记最近的纤芯至少局部重合,

所述第一多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第一多芯光纤的所述端面中距所述第一多芯光纤的所述标记第二近的纤芯与所述第二多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第

二多芯光纤的所述端面中距所述第二多芯光纤的所述标记第二近的纤芯至少局部重合。

8. 根据权利要求6所述的多芯光纤,其特征在於,

所述第一多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第一多芯光纤的所述端面中距所述第一多芯光纤的所述标记最近的纤芯与所述第二多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第二多芯光纤的所述端面中距所述第二多芯光纤的所述标记第二近的纤芯至少局部重合,

所述第一多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第一多芯光纤的所述端面中距所述第一多芯光纤的所述标记第二近的纤芯与所述第二多芯光纤的所述多个纤芯中的在所述第二多芯光纤的所述端面中距所述第二多芯光纤的所述标记最近的纤芯至少局部重合。

9. 一种光器件,其特征在於,具备:

权利要求1~8中任一项所述的多芯光纤;和

单芯连接器,设置于所述多芯光纤的一方或两方的端部。

10. 一种光器件,其特征在於,具备:

由权利要求1~8中任一项所述的多芯光纤构成的多芯光纤束;和

设置于所述多芯光纤束的一方或两方的端部的多芯连接器或者一体化了的单芯连接器组。

11. 根据权利要求10所述的光器件,其特征在於,

所述多芯光纤束包括在所述多芯连接器中以所述假想轴位于同一直线上的方式配置的多个多芯光纤,或者所述单芯连接器组包括以所述假想轴位于同一直线上的方式配置的多个单芯连接器。

12. 一种多芯光纤的制造方法,制造权利要求6~8中任一项所述的多芯光纤,其特征在於,

以所述第一多芯光纤的所述多个纤芯的每一个与所述第二多芯光纤的所述多个纤芯中的任一个至少局部重合的方式将所述第一多芯光纤的所述端面与第二多芯光纤的所述端面连接。

多芯光纤、光器件以及多芯光纤的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及多芯光纤、或者包括多芯光纤的光器件。

背景技术

[0002] 在光通信的领域中,具备多个纤芯的多芯光纤被广泛利用。作为公开了多芯光纤的文献,例如,可举出专利文献1。

[0003] 专利文献1:日本特开2019-152866号

[0004] 在光纤中,为了减少端面处的反射,广泛进行使端面以不与纤芯的延伸方向正交的方式倾斜的处理。然而,在使用于识别纤芯的标记形成在包层内的多芯光纤的端面倾斜的情况下,例如,可能产生以下那样的问题。

[0005] 即,为了多芯光纤的品质评价、或者为了多芯光纤的旋转对准,有时测定多芯光纤的多个纤芯及标记的位置。该测定例如通过使用显微镜等观察多芯光纤的端面来进行。此时,若端面倾斜,则可能难以同时对多个纤芯及标记进行对焦。这是因为:测定光学系统的物镜的光轴有时配置为与多芯光纤的中心轴一致,在该情况下,物镜的透镜面与多芯光纤的端面不正对。其结果是,可能难以测定标记的位置。

发明内容

[0006] 本发明的一个方式是鉴于上述的问题而完成的,其目的在于实现能够容易地测定标记的位置的多芯光纤、具备这样的多芯光纤的光器件、或者这样的多芯光纤的制造方法。

[0007] 在本发明的一个方式所涉及的多芯光纤中,采用了如下结构,即:具有:包层;多个纤芯,形成于上述包层内;至少一个标记,形成于上述包层内;以及端面,以不与上述多个纤芯的延伸方向正交的方式倾斜,在上述端面中,上述多个纤芯相对于与上述端面的倾斜方向正交的假想轴配置为线对称状,在通过上述假想轴将上述端面假想地分割为第一区域和第二区域这两个区域时,将在上述多个纤芯中的设置于上述第一区域的纤芯之中最远离上述假想轴的纤芯设为第一纤芯、将在上述多个纤芯中的设置于上述第二区域的纤芯之中最远离上述假想轴的纤芯设为第二纤芯,在上述端面中,上述标记的中心包含在穿过上述第一纤芯或上述第一纤芯的模场且与上述假想轴平行的直线和穿过上述第二纤芯或上述第二纤芯的模场且与上述假想轴平行的直线之间的区域。

[0008] 根据本发明的一个方式,能够实现能够容易地测定标记的位置的多芯光纤、具备这样的多芯光纤的光器件或者这样的多芯光纤的制造方法。

附图说明

[0009] 图1是表示本发明的第一实施方式所涉及的多芯光纤的结构图。图1的(a)是该多芯光纤的侧视图,图1的(b)是该多芯光纤的一方的端面的主视图,图1的(c)是该多芯光纤的另一方的端面的主视图,图1的(d)是该多芯光纤的立体图。

[0010] 图2的(a)~(c)是表示图1所示的多芯光纤的第一变形例的图。图2的(a)是该多芯

光纤的侧视图,图2的(b)是该多芯光纤的一方的端面的主视图,图2的(c)是该多芯光纤的另一方的端面的主视图。图2的(d)~(f)是表示图1所示的多芯光纤的第二变形例的图。图2的(d)是该多芯光纤的侧视图,图2的(e)是该多芯光纤的一方的端面的主视图,图2的(f)是该多芯光纤的另一方的端面的主视图。

[0011] 图3是表示本发明的第二实施方式所涉及的多芯光纤的结构图。图3的(a)是该多芯光纤的侧视图,图3的(b)是该多芯光纤的一方的端面的主视图,图3的(c)是该多芯光纤的另一方的端面的主视图,图3的(d)是该多芯光纤的立体图。

[0012] 图4是表示图3所示的多芯光纤的变形例的图。图4的(a)是该多芯光纤的侧视图,图4的(b)是该多芯光纤的一方的端面的主视图,图4的(c)是该多芯光纤的另一方的端面的主视图,图4的(d)是该多芯光纤的立体图。

[0013] 图5是表示本发明的第三实施方式所涉及的光器件的结构图。图5的(a)是该光器件的侧视图,图5的(b)是该光器件的一方的端面的主视图,图5的(c)是该光器件的另一方的端面的主视图。

[0014] 图6是表示本发明的第四实施方式所涉及的光器件的结构图。图6的(a)是该光器件的侧视图,图6的(b)是该光器件的一方的端面的主视图,图6的(c)是该光器件的另一方的端面的主视图。

[0015] 图7是表示图6所示的光器件的变形例的图。图7的(a)是第一变形例所涉及的光器件的一方的端面的主视图,图7的(b)是第二变形例所涉及的光器件的一方的端面的主视图。

[0016] 图8是表示本发明的第五实施方式所涉及的多芯光纤的结构图。图8的(a)是该多芯光纤的侧视图,图8的(b)是该多芯光纤的立体图,图8的(c)是表示该多芯光纤的变形例的侧视图。

[0017] 图9是表示本发明的第六实施方式所涉及的多芯光纤的结构图。图9的(a)是该多芯光纤的侧视图,图9的(b)是该多芯光纤的立体图,图9的(c)是表示该多芯光纤的变形例的侧视图。

具体实施方式

[0018] 为了多芯光纤的品质评价、或者为了多芯光纤的旋转对准,有时测定多芯光纤的多个纤芯及标记的位置。该测定例如通过使用显微镜等观察多芯光纤的端面来进行。此时,若端面倾斜,则难以同时对多个纤芯及标记进行对焦。这是因为:测定光学系统的物镜的光轴通常配置为与多芯光纤的中心轴一致,因此物镜的透镜面与多芯光纤的端面不正对,其结果是难以将多个纤芯及标记同时容纳在景深的范围内。此外,只要以物镜的透镜面与多芯光纤的端面正对的方式调整测定光学系统或多芯光纤的朝向,就能够避免产生这样的问题。然而,这样一来,需要用于调整测定光学系统或多芯光纤的朝向的机构,导致观察装置的大型化及复杂化的其他问题。另外,只要针对多个纤芯及标记的每一个依次对焦,就能够避免这样的问题。然而,这样一来,导致观察时间的延长化这样的其他问题。

[0019] 上述的观察的困难性特别是针对标记较为显著。这是因为标记存在尺寸比纤芯小、或者折射率与纤芯不同、或者形成于比纤芯靠外侧的情况,散焦(defocus)的影响比纤芯大。以下说明的实施方式是鉴于这样的问题而提出的,其目的在于实现标记的观察容易

的多芯光纤。

[0020] (第一实施方式)

[0021] (多芯光纤的结构)

[0022] 参照图1对本发明的第一实施方式所涉及的多芯光纤MF的结构进行说明。图1的(a)是多芯光纤MF的侧视图。另外,图1的(b)是从视线E1方向观察多芯光纤MF的一方的端面(以下记载为“第一端面”) σ_1 的主视图。另外,图1的(c)是从视线E2方向观察多芯光纤MF的另一方的端面(以下记载为“第二端面”) σ_2 的主视图。另外,图1的(d)是使第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 对接的状态的多芯光纤MF的立体图。

[0023] 多芯光纤MF具备n个纤芯 $a_1 \sim a_n$ 和包层b。这里,n为2以上的任意自然数(在图1中,例示 $n=4$ 的情况)。包层b是圆柱状的部件。包层b例如由石英玻璃构成。各纤芯 a_i (i 为1以上n以下的自然数)是设置于包层b的内部的、折射率比包层b高且沿与包层b相同的方向延伸的圆柱状的区域。各纤芯 a_i 例如由添加了锗等上升掺杂剂的石英玻璃构成。此外,包层b只要为柱状即可,其截面形状是任意的。包层b的截面形状例如也可以是四边形、六边形等多边形形状。此外,多芯光纤MF可以还具备在本实施方式中关注的n个纤芯 $a_1 \sim a_n$ 以外的纤芯。例如,作为关注的n个纤芯 $a_1 \sim a_n$ 以外的纤芯,也可以具备设置于包层b的中心的纤芯。关注的n个纤芯 $a_1 \sim a_n$ 例如是在通信中使用的纤芯,在该情况下,优选为满足由ITU确定的标准的纤芯。关注的n个纤芯 $a_1 \sim a_n$ 以外的纤芯可以是在通信中使用的纤芯,也可以是在通信中使用的纤芯(虚设纤芯(dummy core)),在后者的情况下,也可以是不满足由ITU确定的标准的纤芯。

[0024] 多芯光纤MF还具备用于识别纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的纤芯编号1~n的标记c。标记c是设置于包层b的内部的、折射率与包层b不同且沿与包层b相同的方向延伸的柱状的区域。标记c的截面形状是任意的,例如为圆形形状、三角形形状、四边形形状等。标记c例如由添加了氟、硼等降低掺杂剂的石英玻璃构成。在该情况下,标记c的折射率低于包层b的折射率。标记c或者由添加了锗、铝、磷、氯等上升掺杂剂的石英玻璃构成。在该情况下,标记c的折射率高于包层b的折射率。标记c的形成例如使用开孔法、堆叠&拉伸法等即可。标记c的外径通常小于纤芯 a_i 的外径。此外,标记c也可以是空穴。在该情况下,标记c的折射率低于包层b的折射率。另外,多芯光纤MF可以还具备在本实施方式中关注的标记c以外的标记。

[0025] 纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的纤芯编号1~n能够基于距标记c的距离来进行识别。例如,在纤芯 $a_1 \sim a_n$ 配置于圆周上的情况下,能够如以下那样识别纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的纤芯编号1~n。首先,将距标记c最近的纤芯 a_1 的纤芯编号设为“1”。接下来,将距标记c第二近的纤芯 a_2 的纤芯编号设为“2”。而且,以依次通过纤芯 a_1 及纤芯 a_2 的方式描绘出上述的圆周时,将第三个通过的纤芯 a_3 的纤芯编号设为“3”、将第四个通过的纤芯 a_4 的纤芯编号设为“4”、…、将第n个通过的纤芯 a_n 的纤芯编号设为“n”。

[0026] 在多芯光纤MF中,第一端面 σ_1 以不与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向正交的方式倾斜。以下,在将与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向正交的平面看作水平面时,将第一端面 σ_1 的下坡坡度最大的方向记载为第一端面 σ_1 的倾斜方向 v_1 ,将第一端面 σ_1 的下坡坡度的最大值记载为第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 。第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 优选为 2° 以上且 88° 以下,进一步优选为 4° 以上且 12° 以下,进一步优选为 7° 以上且 9° 以下,进一步优选为 7.8° 以上且 8.2° 以下。第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 例如为 8° 或 6° 。

[0027] 在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中,在第一端面 σ_1 中,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于与倾斜方向 v_1 正交的假想轴L1配置为线对称状(基本上线对称)。这里,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于假想轴L1配置为线对称状是指在使第一端面 σ_1 相对于假想轴L1翻转了的情况下,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个至少局部重合。此外,根据本段开头的“在第一端面 σ_1 中”的记载可知,假想轴L1是第一端面 σ_1 内的直线。此外,在本实施方式中,假想轴L1通过第一端面 σ_1 的中心(包层的中心)。不过,假想轴L1只要与倾斜方向 v_1 正交即可,不需要通过第一端面 σ_1 的中心。

[0028] 由此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 与另一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 以上述2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使上述2根多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 光学耦合。

[0029] 此外,在第一端面 σ_1 中,进一步优选纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于与倾斜方向 v_1 正交的假想轴L1配置为线对称(完全线对称)。这里,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于假想轴L1配置为线对称是指在使第一端面 σ_1 相对于假想轴L1翻转的情况下,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个相互不多不少地重合。

[0030] 由此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 与另一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 以上述2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使上述2根多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的耦合效率进一步提高。

[0031] 另外,在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中,在第一端面 σ_1 中,上述的假想轴L1与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个均不相交。

[0032] 因此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 与另一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 以上述2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,纤芯编号不同的纤芯彼此连接。在图1所示的例子中,一方的多芯光纤MF的纤芯 a_1 与另一方的多芯光纤MF的纤芯 a_2 连接,一方的多芯光纤MF的纤芯 a_3 与另一方的多芯光纤MF的纤芯 a_4 连接。

[0033] 在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中应特别提及的第一点是在第一端面 σ_1 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴L1的点。由此,标记c配置于接近假想轴L1的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第一端面 σ_1 的情况下,容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L1上或假想轴L1附近的情况下,能够将标记c的散焦抑制为小。

[0034] 特别是在图1所示的多芯光纤MF中,在第一端面 σ_1 中,标记c配置于被穿过距标记c最近的纤芯 a_1 的中心且与假想轴L1平行的直线P和穿过距标记c第二近的纤芯 a_2 的中心且与假想轴L1平行的直线Q夹着的区域内。由此,标记c配置于进一步接近假想轴L1的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第一端面 σ_1 的情况下,进一步容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L1上或假想轴L1附近的情况下,能够将标记c的散焦进一步抑制为小。

[0035] 另外,在多芯光纤MF中,第二端面 σ_2 以不与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向正交的方式倾斜。以下,在将与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向正交的平面看作水平面时,将第二端面 σ_2 的下坡坡

度最大的方向记载为第二端面 σ_2 的倾斜方向 v_2 ,将第二端面 σ_2 的下坡坡度的最大值记载为第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 。第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 优选为 2° 以上且 88° 以下,进一步优选为 4° 以上且 12° 以下,进一步优选为 7° 以上且 9° 以下,进一步优选为 7.8° 以上且 8.2° 以下。第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 例如为 8° 或 6° 。

[0036] 在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中,在第二端面 σ_2 中,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于与倾斜方向 v_2 正交的假想轴L2配置为线对称状(基本上线对称)。这里,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于假想轴L2配置为线对称状是指在使第二端面 σ_2 相对于假想轴L2翻转了的情况下,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个至少局部重合。此外,根据本段开头的“在第二端面 σ_2 中”的记载可知,假想轴L2是第二端面 σ_2 内的直线。此外,在本实施方式中,假想轴L2通过第二端面 σ_2 的中心(包层的中心)。不过,假想轴L2只要与倾斜方向 v_2 正交即可,不需要通过第二端面 σ_2 的中心。

[0037] 由此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 与另一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 以上述2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使上述2根多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 光学耦合。

[0038] 此外,在第二端面 σ_2 中,进一步优选纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于与倾斜方向 v_2 正交的假想轴L2配置为线对称(完全线对称)。这里,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 相对于假想轴L2配置为线对称是指在使第二端面 σ_2 相对于假想轴L2翻转的情况下,纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个相互不多不少地重合。

[0039] 由此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 与另一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 以上述2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使上述2根多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的耦合效率进一步提高。

[0040] 另外,在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中,在第二端面 σ_2 中,上述的假想轴L2与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个均不相交。

[0041] 因此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 与另一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 以上述2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,纤芯编号不同的纤芯彼此连接。在图1所示的例子中,一方的多芯光纤MF的纤芯 a_1 与另一方的多芯光纤MF的纤芯 a_2 连接,一方的多芯光纤MF的纤芯 a_3 与另一方的多芯光纤MF的纤芯 a_4 连接。

[0042] 在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中应特别提及的第二点是在第二端面 σ_2 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴L2的点。由此,标记c配置于接近假想轴L2的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L2上或假想轴L2附近的情况下,能够将标记c的散焦抑制为小。

[0043] 特别是在图1所示的多芯光纤MF中,在第二端面 σ_2 中,标记c配置于被穿过距标记c最近的纤芯 a_1 的中心且与假想轴L2平行的直线R和穿过距标记c第二近的纤芯 a_2 的中心且与假想轴L2平行的直线S夹着的区域内。由此,标记c配置于进一步接近假想轴L2的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,进一步容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的

散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L2上或假想轴L2附近的情况下,能够将标记c的散焦进一步抑制为小。

[0044] 在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中,第一端面 σ_1 的倾斜方向 v_1 及第二端面 σ_2 的倾斜方向 v_2 以满足下述的条件1的方式被决定。

[0045] 条件1:在以将第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化的方式使第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 面接触了的情况下,第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个至少局部重合。

[0046] 此外,在2个纤芯至少局部重叠的形态中,包括一方的纤芯的仅一部分与另一方的纤芯的仅一部分重合的形态、一方的纤芯的仅一部分与另一方的纤芯的全部重合的形态以及一方的纤芯的全部与另一方的纤芯的全部重合的形态(即2个纤芯相互不多不少地重合的形态)。

[0047] 由此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 与另一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 以2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使上述2根多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 光学耦合。这里,“以2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式”将第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 连接是指“以一方的多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与另一方的多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的纤芯的延伸方向所成的角最小的方式”将第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 连接。

[0048] 此外,第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 与第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 可以一致,也可以不一致。不过,第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 与第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 优选等同(基本上一致),进一步优选一致(完全一致)。这里,第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 与第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 等同(基本上一致)是指例如差 $|\theta_1 - \theta_2|$ 为 2° 以下或者为 0.4° 以下。

[0049] 在第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 与第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 一致的情况下,第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角的最小值为 0° 。即,将第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化和使第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向一致等价。因此,上述的条件1与下述的条件1'等价。

[0050] 条件1':在以第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向一致的方式使第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 面接触了的情况下,第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个至少局部重合。

[0051] 由此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 与另一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 以上述2根多芯光纤MF配置在一条直线上的方式连接的情况下,能够使上述2根多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 光学耦合。这里,“以2根多芯光纤MF配置在一条直线上的方式”将第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 连接是指“以一方的多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与另一方的多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的纤芯的延伸方向一致的方式”将第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 连接。此外,即使第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 与第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 不严格一致,只要第一端面 σ_1 的倾斜角 θ_1 与第二端面 σ_2 的倾斜角 θ_2 等同(只要基本上一致),便可得到与之等同的效果。

[0052] 在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中,第一端面 σ_1 的倾斜方向 v_1 与第二端面 σ_2 的倾斜方向 v_2 被决定为向与光轴L0正交的平面的投影相互成为相反方向。因此,本实施方式

所涉及的多芯光纤MF除了满足上述的条件1之外,还满足下述的条件2。

[0053] 条件2:在以将第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化的方式使第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 面接触了的情况下,至少局部重合的纤芯的纤芯编号一致。

[0054] 在图1所示的例子中,至少局部重合的纤芯的组对(pair)是(1)第一端面 σ_1 中的纤芯 a_1 与第二端面 σ_2 中的纤芯 a_1 的组对、(2)第一端面 σ_1 中的纤芯 a_2 与第二端面 σ_2 中的纤芯 a_2 的组对、(3)第一端面 σ_1 中的纤芯 a_3 与第二端面 σ_2 中的纤芯 a_3 的组对、(4)第一端面 σ_1 中的纤芯 a_4 与第二端面 σ_2 中的纤芯 a_4 的组对。针对上述4个组对中的任一组对,构成组对的2个纤芯的纤芯编号均一致。

[0055] 由此,针对2根多芯光纤MF,在将一方的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 与另一方的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 以上述2根多芯光纤MF尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使纤芯编号一致的纤芯彼此光学耦合。

[0056] 此外,在多芯光纤MF中,第一端面 σ_1 的倾斜方向 v_1 与第二端面 σ_2 的倾斜方向 v_2 也可以不满足上述的关系。例如,第一端面 σ_1 的倾斜方向 v_1 与第二端面 σ_2 的倾斜方向 v_2 可以被决定为向与光轴 L_0 正交的平面的投影相互成为相反方向,也可以被决定为向与光轴 L_0 正交的平面的投影相互正交。在该情况下,本实施方式所涉及的多芯光纤MF满足下述的条件3,来代替上述的条件2。

[0057] 条件3:在以将第一端面 σ_1 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 σ_2 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化的方式使第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 面接触了的情况下,至少局部重合的纤芯的纤芯编号不同。

[0058] 另外,在多芯光纤MF中,也可以仅第一端面 σ_1 及第二端面 σ_2 的一方倾斜。例如,在第一端面 σ_1 如上述那样倾斜的情况下,第二端面 σ_2 可以倾斜,也可以不倾斜。或者,在第二端面 σ_2 如上述那样倾斜的情况下,第一端面 σ_1 可以倾斜,也可以不倾斜。

[0059] (多芯光纤的变形例)

[0060] 参照图2对多芯光纤MF的两个变形例进行说明。图2的(a)是第一变形例所涉及的多芯光纤MF的侧视图。另外,图2的(b)是从视线E1方向观察第一变形例所涉及的多芯光纤MF的一方的端面(以下记载为“第一端面”) σ_1 的主视图。另外,图2的(c)是从视线E2方向观察第一变形例所涉及的多芯光纤MF的另一方的端面(以下记载为“第二端面”) σ_2 的主视图。另外,图2的(d)是第二变形例所涉及的多芯光纤MF的侧视图。另外,图2的(e)是从视线E1方向观察第二变形例所涉及的多芯光纤MF的一方的端面(以下记载为“第一端面”) σ_1 的主视图。另外,图2的(f)是从视线E2方向观察第二变形例所涉及的多芯光纤MF的另一方的端面(以下记载为“第二端面”) σ_2 的主视图。

[0061] 在图1所示的多芯光纤MF中,(1)在第一端面 σ_1 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴 L_1 , (2)在第二端面 σ_2 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴 L_2 。相对于此,在图2的(a)~(c)所示的第一变形例所涉及的多芯光纤MF中,(1)在第一端面 σ_1 中,距标记c最近的纤芯 a_1 配置在假想轴 L_1 上,(2)在第二端面 σ_2 中,距标记c最近的纤芯 a_1 配置在假想轴 L_2 上。

[0062] 由此,在第一端面 σ_1 中,标记c配置于接近假想轴 L_1 的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第一端面 σ_1 的情况下,容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进

行观察。另外,在第二端面 σ_2 中,标记c配置于接近假想轴L2的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,容易将标记c与纤芯a1~an一同进行观察。

[0063] 在图1所示的多芯光纤MF中,(1)在第一端面 σ_1 中,距标记c最近的纤芯a1与距标记c第二近的纤芯a2配置为夹着假想轴L1,(2)在第二端面 σ_2 ,距标记c最近的纤芯a1与距标记c第二近的纤芯a2配置为夹着假想轴L2。相对于此,在图2的(d)~(f)所示的第二变形例所涉及的多芯光纤MF中,(1)在第一端面 σ_1 中,距标记c第二近的纤芯a2配置在假想轴L1上,(2)在第二端面 σ_2 中,第二地标记c的纤芯a2配置在假想轴L2上。

[0064] 由此,在第一端面 σ_1 中,标记c配置于接近假想轴L1的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第一端面 σ_1 的情况下,容易将标记c与纤芯a1~an一同进行观察。另外,在第二端面 σ_2 中,标记c配置于接近假想轴L2的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,容易将标记c与纤芯a1~an一同进行观察。

[0065] (共同特征)

[0066] 作为图1及图2各自所示的多芯光纤MF的共同特征,可举出“在第一端面 σ_1 及第二端面 σ_2 的每一个中,标记c的中心包含在假想轴L1与通过纤芯a1~an中的最远离假想轴L1的纤芯的中心且与假想轴L1平行的直线之间的区域”的点。因此,与标记c不包含在上述的区域的情况相比,在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,容易将标记c与纤芯a1~an一同进行观察。此外,关于后述的图3及图4各自所示的多芯光纤MF,也具有该特征。以下,针对这一点,再稍微详细地进行说明。

[0067] 首先,关于图1所示的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 ,可以说以下内容。考虑通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域(在图1中比假想轴L1靠上的区域)和第二区域(在图1中比假想轴L1靠下的区域)这两个区域。设置于第一区域的纤芯a1、a4中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯a1、a4,设置于第二区域的纤芯a2、a3中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯a2、a3。此时,标记c设置于被夹在通过纤芯a1、a4且与假想轴L1平行的直线(在图1中与上述的直线P一致)和通过纤芯a2、a3且与假想轴L1平行的直线(在图1中与上述的直线Q一致)之间的区域。因此,可以说标记c形成于被夹在通过设置于第一区域的纤芯a1、a4中的最远离假想轴L1的纤芯a1、a4且与假想轴L1平行的直线和通过设置于第二区域的纤芯a2、a3中的最远离假想轴L1的纤芯a2、a3且与假想轴L1平行的直线之间的区域。此外,对于通过纤芯a1、a4且与假想轴L1平行的直线而言(1),可以是通过包含在纤芯a1、a4的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2)也可以是通过纤芯a1、a4的中心的直线,(3)也可以是通过包含在纤芯a1、a4的点中的最远离假想轴L1的点的直线。同样,对于通过纤芯a2、a3且与假想轴L1平行的直线而言,(1)可以是通过包含在纤芯a2、a3的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2)也可以是通过纤芯a2、a3的中心的直线,(3)也可以是通过包含在纤芯a2、a3的点中的最远离假想轴L1的点的直线。关于图1所示的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 ,也可以说同样的内容。

[0068] 另外,关于图2的(a)~(c)所示的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 ,可以说以下内容。考虑通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域(在图2中比假想轴L1靠上的区域)和第二区域(在图2中比假想轴L1靠下的区域)这两个区域。设置于第一区域的纤芯a1、a2、a3中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯a2,设置于第二区域的纤芯a3、a4、a1中的最远离假想轴L1的纤

芯是纤芯a4。此时,标记c设置于被夹在通过纤芯a2且与假想轴L1平行的直线和通过纤芯a4且与假想轴L1平行的直线之间的区域。因此,可以说标记c形成于被夹在通过设置于第一区域的纤芯a1、a2、a3中的最远离假想轴L1的纤芯a2且与假想轴L1平行的直线和通过设置于第二区域的纤芯a3、a4、a1中的最远离假想轴L1的纤芯a4且与假想轴L1平行的直线之间的区域。此外,对于通过纤芯a2且与假想轴L1平行的直线而言,(1) 可以是包含在纤芯a2的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2) 也可以是通过纤芯a2的中心的直线,(3) 也可以是通过包含在纤芯a2的点中的最远离假想轴L1的点的直线。同样,对于通过纤芯a4且与假想轴L1平行的直线而言,(1) 可以是包含在纤芯a4的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2) 也可以是通过纤芯a4的中心的直线,(3) 也可以是通过包含在纤芯a4的点中的最远离假想轴L1的点的直线。关于图2的(a)~(c)所示的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 ,也可以说同样的内容。

[0069] 另外,关于图2的(d)~(f)所示的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 ,可以说以下内容。考虑通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域(在图2中比假想轴L1靠上的区域)和第二区域(在图2中比假想轴L1靠下的区域)这两个区域。设置于第一区域的纤芯a4、a1、a2中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯a1,设置于第二区域的纤芯a2、a3、a4中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯a3。此时,标记c设置于被夹在通过纤芯a1且与假想轴L1平行的直线和通过纤芯a3且与假想轴L1平行的直线之间的区域。因此,可以说标记c形成于被夹在通过设置于第一区域的纤芯a4、a1、a2中的最远离假想轴L1的纤芯a1且与假想轴L1平行的直线和通过设置于第二区域的纤芯a2、a3、a4中的最远离假想轴L1的纤芯a3且与假想轴L1平行的直线之间的区域。此外,对于通过纤芯a1且与假想轴L1平行的直线而言,(1) 可以是包含在纤芯a1的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2) 也可以是通过纤芯a1的中心的直线,(3) 也可以是通过包含在纤芯a1的点中的最远离假想轴L1的点的直线。同样,对于通过纤芯a3且与假想轴L1平行的直线而言,(1) 可以是包含在纤芯a3的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2) 也可以是通过纤芯a3的中心的直线,(3) 也可以是通过包含在纤芯a3的点中的最远离假想轴L1的点的直线。关于图2的(d)~(f)所示的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 ,也可以说同样的内容。

[0070] 如以上那样,也可以说本实施方式所涉及的多光纤MF具有下述的特征1、2。

[0071] 特征1:在通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下,标记c形成于被夹在通过在纤芯a1~an中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线和通过在纤芯a1~an中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0072] 特征2:在通过假想轴L1将第二端面 σ_2 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下,标记c形成于被夹在通过在纤芯a1~an中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线和通过在纤芯a1~an中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0073] 此外,即使将上述的特征1、2置换为下述的特征1'、2',来稍微扩大能够形成标记c的范围,也能够期待与具有上述的特征1、2的情况等同的效果。此外,在下述的特征1'、2'中,纤芯的模式是指关于在工作波长下在该纤芯传播的基模的光的强度分布,光功率的86.5%集中的区域。

[0074] 特征1':在通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下,标记c形成于被夹在穿过在纤芯 $a_1 \sim a_n$ 中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线和穿过在纤芯 $a_1 \sim a_n$ 中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0075] 特征2':在通过假想轴L1将第二端面 σ_2 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下,标记c形成于被夹在穿过在纤芯 $a_1 \sim a_n$ 中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线和穿过在纤芯 $a_1 \sim a_n$ 中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0076] (第二实施方式)

[0077] (多芯光纤的结构)

[0078] 参照图3对本发明的第二实施方式所涉及的多芯光纤MF的结构进行说明。图3的(a)是多芯光纤MF的侧视图。另外,图3的(b)是从视线E1方向观察多芯光纤MF的一方的端面(以下记载为“第一端面”) σ_1 的主视图。另外,图3的(c)是从视线E2方向观察多芯光纤MF的另一方的端面(以下记载为“第二端面”) σ_2 的主视图。另外,图3的(d)是使第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 对接的状态的多芯光纤MF的立体图。

[0079] 第一实施方式所涉及的多芯光纤MF具备4个纤芯 $a_1 \sim a_4$ 。相对于此,第二实施方式所涉及的多芯光纤MF具备8个纤芯 $a_1 \sim a_8$ 。

[0080] 在第二实施方式所涉及的多芯光纤MF中应特别提及的第一点是与第一实施方式所涉及的多芯光纤MF同样,在第一端面 σ_1 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴L1的点。由此,标记c配置于接近假想轴L1的位置。其结果是,在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第一端面 σ_1 的情况下,容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L1上或假想轴L2附近的情况下,能够将标记c的散焦抑制为小。

[0081] 特别是在图3所示的多芯光纤MF中,在第一端面 σ_1 中,标记c配置于被穿过距标记c最近的纤芯 a_1 的中心且与假想轴L1平行的直线P和穿过距标记c第二近的纤芯 a_2 的中心且与假想轴L1平行的直线Q夹着的区域内。由此,标记c配置于进一步接近假想轴L1的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第一端面 σ_1 的情况下,进一步容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L1上或假想轴L2附近的情况下,能够将标记c的散焦进一步抑制为小。

[0082] 在第二实施方式所涉及的多芯光纤MF中应特别提及的第二点是与第一实施方式所涉及的多芯光纤MF同样,在第二端面 σ_2 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴L2的点。由此,标记c配置于接近假想轴L2的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L2上或假想轴L2附近的情况下,能够将标记c的散焦抑制为小。

[0083] 特别是在图3所示的多芯光纤MF中,在第二端面 σ_2 中,标记c配置于被穿过距标记c最近的纤芯 a_1 的中心且与假想轴L2平行的直线R和穿过距标记c第二近的纤芯 a_2 的中心且与假想轴L2平行的直线S夹着的区域内。由此,标记c配置于进一步接近假想轴L2的位置。其

结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,进一步容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。这是因为:特别是在为了减小纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的倾斜方向上的散焦的程度之差而将物镜的焦点设定在假想轴L2上或假想轴L2附近的情况下,能够将标记c的散焦进一步抑制为小。

[0084] (多芯光纤的变形例)

[0085] 参照图4对多芯光纤MF的变形例进行说明。图4的(a)是多芯光纤MF的侧视图。另外,图4的(b)是从视线E1方向观察多芯光纤MF的一方的端面(以下记载为“第一端面”) σ_1 的主视图。另外,图4的(c)是从视线E2方向观察多芯光纤MF的另一方的端面(以下记载为“第二端面”) σ_2 的主视图。另外,图4的(d)是使第一端面 σ_1 与第二端面 σ_2 对接的状态的多芯光纤MF的立体图。

[0086] 在图3所示的多芯光纤MF中,(1)在第一端面 σ_1 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴L1,(2)在第二端面 σ_2 中,距标记c最近的纤芯 a_1 与距标记c第二近的纤芯 a_2 配置为夹着假想轴L2。相对于此,在本变形例所涉及的多芯光纤MF中,(1)在第一端面 σ_1 中,距标记c最近的纤芯 a_1 配置在假想轴L1上,(2)在第二端面 σ_2 中,距标记c最近的纤芯 a_1 配置在假想轴L2上。

[0087] 由此,在第一端面 σ_1 中,标记c配置于接近假想轴L1的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第一端面 σ_1 的情况下,容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。另外,在第二端面 σ_2 中,标记c配置于接近假想轴L2的位置。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯光纤MF的第二端面 σ_2 的情况下,容易将标记c与纤芯 $a_1 \sim a_n$ 一同进行观察。

[0088] (共同特征)

[0089] 首先,关于图3的(b)所示的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 ,可以说以下内容。考虑通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域(在图3中比假想轴L1靠上的区域)和第二区域(在图3中比假想轴L1靠下的区域)这两个区域。设置于第一区域的纤芯 a_6, a_7, a_8, a_1 中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯 a_7, a_8 ,设置于第二区域的纤芯 a_2, a_3, a_4, a_5 中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯 a_3, a_4 。此时,标记c的中心设置于被夹在通过纤芯 a_7, a_8 且与假想轴L1平行的直线和通过纤芯 a_3, a_4 且与假想轴L1平行的直线之间的区域。因此,可以说标记c的中心形成于被夹在通过设置于第一区域的纤芯 a_6, a_7, a_8, a_1 中的最远离假想轴L1的纤芯 a_7, a_8 且与假想轴L1平行的直线和通过设置于第二区域的纤芯 a_2, a_3, a_4, a_5 中的最远离假想轴L1的纤芯 a_3, a_4 且与假想轴L1平行的直线之间的区域。此外,对于通过纤芯 a_7, a_8 且与假想轴L1平行的直线而言,(1)可以是通过包含在纤芯 a_7, a_8 的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2)也可以是通过纤芯 a_7, a_8 的中心的直线,(3)也可以是通过包括在纤芯 a_7, a_8 的点中的最远离假想轴L1的点的直线。同样,对于通过纤芯 a_3, a_4 且与假想轴L1平行的直线而言,(1)可以是通过包含在纤芯 a_3, a_4 的点中的最接近假想轴L1的点的直线,(2)也可以是通过纤芯 a_3, a_4 的中心的直线,(3)也可以是通过包括在纤芯 a_3, a_4 的点中的最远离假想轴L1的点的直线。关于图3的(c)所示的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 ,也可以说同样的内容。

[0090] 另外,关于图4的(c)所示的多芯光纤MF的第一端面 σ_1 ,可以说以下内容。考虑通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域(在图4中比假想轴L1靠上的区域)和第二区域(在图4中比假想轴L1靠下的区域)这两个区域。设置于第一区域的纤芯 $a_1, a_2, a_3, 4, 5$ 中的最远

离假想轴L1的纤芯是纤芯a3, 设置于第二区域的纤芯a5、a6、a7、a8、a1中的最远离假想轴L1的纤芯是纤芯a7。此时, 标记c的中心设置于被夹在通过纤芯a3且与假想轴L1平行的直线和通过纤芯a7且与假想轴L1平行的直线之间的区域。因此, 可以说标记c的中心形成于被夹在通过设置于第一区域的纤芯a1、a2、a3、a4、a5中的最远离假想轴L1的纤芯a3且与假想轴L1平行的直线和通过设置于第二区域的纤芯a5、a6、a7、a8、a1中的最远离假想轴L1的纤芯a7且与假想轴L1平行的直线之间的区域。此外, 对于通过纤芯a3且与假想轴L1平行的直线而言, (1) 可以是包含在纤芯a3的点中的最接近假想轴L1的点的直线, (2) 也可以是通过纤芯a3的中心的直线, (3) 也可以是通过包含在纤芯a3的点中的最远离假想轴L1的点的直线。同样, 对于通过纤芯a7且与假想轴L1平行的直线而言, (1) 可以是包含在纤芯a7的点中的最接近假想轴L1的点的直线, (2) 也可以是通过纤芯a7的中心的直线, (3) 也可以是通过包含在纤芯a7的点中的最远离假想轴L1的点的直线。关于图4的(c)所示的多芯光纤MF的第二端面 σ_2 , 也可以说同样的内容。

[0091] 如以上那样, 也可以说本实施方式所涉及的多光纤MF与第一实施方式所涉及的多芯光纤MF同样, 具有下述的特征1、2。

[0092] 特征1: 在通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下, 标记c的中心形成于被夹在通过在纤芯a1 ~ an中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线和通过在纤芯a1 ~ an中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0093] 特征2: 在通过假想轴L1将第二端面 σ_2 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下, 标记c的中心形成于被夹在通过在纤芯a1 ~ an中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线和通过在纤芯a1 ~ an中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0094] 此外, 即使将上述的特征1、2替换为下述的特征1'、2', 来稍微扩大能够形成标记c的范围, 也能够期待与具有上述的特征1、2的情况等同的效果。此外, 在下述的特征1'、2'中, 纤芯的模场是指关于在工作波长下在该纤芯传播的基模的光的强度分布, 光功率的86.5%集中的区域。

[0095] 特征1': 在通过假想轴L1将第一端面 σ_1 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下, 标记c的中心形成于被夹在穿过在纤芯a1 ~ an中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线和穿过在纤芯a1 ~ an中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0096] 特征2': 在通过假想轴L1将第二端面 σ_2 分割为第一区域和第二区域这两个区域的情况下, 标记c的中心形成于被夹在穿过在纤芯a1 ~ an中的设置于第一区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线和穿过在纤芯a1 ~ an中的设置于第二区域的纤芯之中最远离假想轴L1的纤芯的模场且与假想轴L1平行的直线之间的区域。

[0097] (第三实施方式)

[0098] (光器件的结构)

[0099] 参照图5对本发明的第三实施方式所涉及的光器件OD1的结构进行说明。图5的(a)是光器件OD1的侧视图。另外, 图5的(b)是从视线E1方向观察光器件OD1的一方的端面的主视图。另外, 图5的(c)是从视线E2方向观察光器件OD1的另一方的端面的主视图。

[0100] 光器件OD1具备多芯光纤MF和设置于多芯光纤MF的两端的单芯连接器C1、C2。

[0101] 多芯光纤MF可以是图1~图4所示的多芯光纤MF的任一个。在图5中,作为多芯光纤MF,例示了图1所示的多芯光纤MF。

[0102] 第一单芯连接器C1设置于多芯光纤MF的一方的端部。第一单芯连接器C1的端面以与多芯光纤MF的第一端面 σ_1 共面的方式倾斜。另外,在第一单芯连接器C1的4个侧面中的位于第一端面 σ_1 的倾斜方向 v_1 的前端的侧面设置有键(key)K1。键K1例如是从第一单芯连接器C1的侧面突出的长方体状的凸部。

[0103] 第二单芯连接器C2设置于多芯光纤MF的另一方的端部。第二单芯连接器C2的端面以与多芯光纤MF的第二端面 σ_2 共面的方式倾斜。另外,在第二单芯连接器C2的4个侧面中的位于第二端面 σ_2 的倾斜方向 v_2 的前端的侧面设置有键K2。键K2例如是从第二单芯连接器C2的侧面突出的长方体状的凸部。

[0104] 由此,针对2个光器件OD1,在将一方的光器件OD1的第一单芯连接器C1与另一方的光器件OD1的第二单芯连接器C2以键K1与键K2的位置相反的方式连接了的情况下,能够使上述2个光器件OD1所包含的多芯光纤MF的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 光学耦合。

[0105] 此外,这里,对在多芯光纤MF的两端设置单芯连接器的结构进行了说明,但本发明并不限于此。即,在多芯光纤MF的一端设置单芯连接器的结构也包括在本发明的范畴内。即,从图5所示的光器件OD1中省略了第一单芯连接器C1或第二单芯连接器C2的任一方的结构也包括在本发明的范畴内。在该情况下,关于多芯光纤MF的没有设置单芯连接器的一方的端面,可以倾斜,也可以不倾斜。

[0106] (第四实施方式)

[0107] (光器件的结构)

[0108] 参照图6对本发明的第四实施方式所涉及的光器件OD2的结构进行说明。图6的(a)是光器件OD2的侧视图。另外,图6的(b)是从视线E1方向观察光器件OD2的一方的端面的主视图。另外,图6的(c)是从视线E2方向观察光器件OD2的另一方的端面的主视图。

[0109] 光器件OD2具备:由多个多芯光纤MF构成的多芯光纤束MFB;和设置于多芯光纤束MFB的两端的多芯连接器C3、C4。

[0110] 构成多芯光纤束MFB的多芯光纤MF可以是图1~图4所示的多芯光纤MF的任一个。在图6中,作为构成多芯光纤束MFB的多芯光纤MF,示出了图1所示的多芯光纤MF。

[0111] 第一多芯连接器C3设置于多芯光纤束MFB的一方的端部。构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF以第一多芯连接器C3侧的端面(在图示的例子中为第一端面 σ_1)的倾斜方向(在图示的例子中为倾斜方向 v_1)与特定的方向一致且这些端面共面的方式固定于第一多芯连接器C3。换言之,构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF以上述的假想轴L1配置在同一直线上的方式固定于第一多芯连接器C3。

[0112] 另外,在第一多芯连接器C3的4个侧面中的位于构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF的第一多芯连接器C3侧的端面(在图示的例子中为第一端面 σ_1)的倾斜方向(在图示的例子中为倾斜方向 v_1)的前端的侧面设置有键K3。键K3例如是从第一多芯连接器C3的侧面突出的长方体状的凸部。

[0113] 第二多芯连接器C4设置于多芯光纤束MFB的另一方的端部。构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF以第二多芯连接器C4侧的端面(在图示的例子中为第二端面 σ_2)的倾斜方向

(在图示的例子中为倾斜方向v2)与特定的方向一致且这些端面共面的方式固定于第二多芯连接器C4。换言之,构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF以上述的假想轴L2配置在同一直线上的方式固定于第二多芯连接器C4。

[0114] 另外,在第二多芯连接器C4的4个侧面中的位于构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF的第二多芯连接器C4侧的端面(在图示的例子中为第一端面 $\sigma 1$)的倾斜方向(在图示的例子中为倾斜方向v2)的前端的侧面设置有键K4。键K4例如是从第二多芯连接器C4的侧面突出的长方体状的凸部。

[0115] 由此,针对2个光器件OD2,在将一方的光器件OD2的第一多芯连接器C3与另一方的光器件OD2的第二多芯连接器C4以键K3与键K4的位置相反的方式连接了的情况下,能够使上述2个光器件OD2所包括的各多芯光纤MF的纤芯a1~an光学耦合。

[0116] 此外,也可以采用在各多芯光纤MF的一方的端部设置单芯连接器并将这些单芯连接器一体化的结构,来代替第一多芯连接器C3。在该情况下,这些单芯连接器以与构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF相关的假想轴L1配置在同一直线上的方式被一体化。同样,也可以采用在各多芯光纤MF的另一方的端部设置单芯连接器并将这些单芯连接器一体化的结构,来代替第二多芯连接器C4。在该情况下,这些单芯连接器以与构成多芯光纤束MFB的各多芯光纤MF相关的假想轴L2配置在同一直线上的方式被一体化。

[0117] 另外,这里,对在多芯光纤束MFB的两端设置多芯连接器的结构进行了说明,但本发明并不限于此。即,在多芯光纤束MFB的一端设置多芯连接器的结构也包括在本发明的范畴内。即,从图6所示的光器件OD2中省略了第一多芯连接器C3或第二多芯连接器C4的任一方的结构也包括在本发明的范畴内。在该情况下,关于各多芯光纤MF的没有设置多芯连接器的一方的端面,可以倾斜,也可以不倾斜。

[0118] (光器件的变形例)

[0119] 参照图7对光器件OD2的变形例进行说明。图7的(a)是第一变形例所涉及的光器件OD2的主视图,图7的(b)是第二变形例所涉及的光器件OD2的主视图。

[0120] 在第一变形例所涉及的光器件OD2中,如图7的(a)所示,多芯光纤束MFB包括在使第一多芯连接器C3侧的端面平移及翻转的情况下纤芯编号一致的纤芯彼此至少局部重合的至少2个多芯光纤MF。在图7的(a)中,图示了最左的多芯光纤MF和从左起第二个多芯光纤MF满足该关系的情况。由此,上述至少2个多芯光纤MF能够满足距标记c最近的纤芯a1与距标记c第二近的纤芯a2配置为夹着假想轴L1、L2的条件、距标记c最近的纤芯a1配置于假想轴L1的条件、或者距标记c第二近的纤芯a2配置在假想轴上的条件。在图7的(a)所图示的例子中,最左的多芯光纤MF和从左起第二个多芯光纤MF能够满足距标记c最近的纤芯a1与距标记c第二近的纤芯a2配置为夹着假想轴L1、L2的条件。另外,在将第一多芯连接器C3彼此连接的情况下,在上述至少2个多芯光纤MF中,能够产生相同纤芯编号的替换。在图7的(a)图示的例子中,在最左的多芯光纤MF和从左起第二个多芯光纤MF中,纤芯a1与纤芯a2连接(产生纤芯编号1与纤芯编号2的替换),纤芯a3与纤芯a4连接(产生纤芯编号3与纤芯编号4的替换)。

[0121] 此外,作为上述的翻转,考虑相对于与各多芯光纤MF的倾斜方向平行的轴的翻转和相对于与各多芯光纤MF的倾斜方向垂直的轴的翻转。无论在哪种情况下,均起到上述的效果。另外,作为上述的平行移动,考虑向与第一多芯连接器C3的端面的倾斜方向平行的方

向的平行移动和向与第一多芯连接器C3的端面的倾斜方向垂直的方向的平行移动。在前者的情况下,上述的至少2个多芯光纤MF与第一多芯连接器C3的端面的倾斜方向平行地排列。另一方面,在后者的情况下,上述的至少2个多芯光纤MF与第一多芯连接器C3的端面的倾斜方向垂直地排列。无论在哪种情况下,均起到上述的效果。另外,在后者的情况下,特别是从与第一多芯连接器C3的端面的倾斜方向垂直的假想轴到上述的至少2个多芯光纤MF的标记c的中心为止的距离相等。其结果是在使用显微镜等来从正面观察多芯连接器C3的端面的情况下,通过对该假想轴上进行对焦,从而容易同时观察上述的至少2个多芯光纤MF的标记c。

[0122] 此外,优选构成多芯光纤束MFB的所有多芯光纤MF满足上述的平移、翻转的关系。由此,在构成多芯光纤束MFB的所有多芯光纤MF中,能够产生相同纤芯编号的替换。特别是在上述的平行移动为向与第一多芯连接器C3的端面的倾斜方向垂直的方向的平行移动的情况下,容易同时观察构成多芯光纤束MFB的所有多芯光纤MF的标记c。

[0123] 在第二变形例所涉及的光器件OD2中,如图7的(b)所示,多芯光纤束MFB包括在使第一多芯连接器C3侧的端面平移及旋转的情况下纤芯编号一致的纤芯彼此至少局部重合的至少2个多芯光纤MF。在图7的(b)中,图示了最左的多芯光纤MF和从左起第二个多芯光纤MF满足该关系。由此,在将第一多芯连接器C3彼此连接的情况下,在上述至少2个多芯光纤MF中,能够产生不同纤芯编号的替换。在图7的(b)图示的例子中,在最左的多芯光纤MF中,纤芯a1与纤芯a2连接(产生纤芯编号1与纤芯编号2的替换),纤芯a3与纤芯a4连接(产生纤芯编号3与纤芯编号4的替换)。另一方面,在从左起第二个多芯光纤MF中,纤芯a1与纤芯a4连接(产生纤芯编号1与纤芯编号4的替换),纤芯a2与纤芯a3连接(产生纤芯编号2与纤芯编号3的替换)。由此,能够提高使用光器件OD2来构建网络时的配线自由度。

[0124] 此外,作为上述的旋转,在多芯光纤MF的纤芯a1~an的配置具有n重对称性的情况下,考虑 $m \times 360^\circ / n$ (m为1以上且n-1以下的自然数)的旋转。在本实施方式中,采用 180° 的旋转。由此,两方的多芯光纤MF能够满足距标记c最近的纤芯a1与距标记c第二近的纤芯a2配置为夹着假想轴L1、L2的条件、或者距标记c最近的纤芯a1配置于假想轴L1的条件。

[0125] (第五实施方式)

[0126] 参照图8对本发明的第五实施方式所涉及的多芯光纤MF进行说明。图8的(a)是多芯光纤MF的侧视图,图8的(b)是多芯光纤MF的立体图。

[0127] 多芯光纤MF具备第一多芯光纤MF1和第二多芯光纤MF2。第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2被连接(例如连接器连接、或者熔接连接)。

[0128] 第一多芯光纤MF1构成为与图1所示的多芯光纤MF相同。不过,在第一多芯光纤MF1中,虽然第一端面 $\sigma 1$ 必须倾斜,但第二端面 $\sigma 2$ 不必须倾斜。以下,将第一多芯光纤MF1的必须倾斜的一方的端面、即与图1所示的多芯光纤MF的第一端面 $\sigma 1$ 相当的端面称为第一端面 $\Sigma 1$ 。第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 与后述的第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 连接。

[0129] 第二多芯光纤MF2构成为与图1所示的多芯光纤MF相同。不过,在第二多芯光纤MF2中,虽然第二端面 $\sigma 2$ 必须倾斜,但第一端面 $\sigma 1$ 不必须倾斜。以下,将第二多芯光纤MF2的必须倾斜的一方的端面、即与图1所示的多芯光纤MF的第二端面 $\sigma 2$ 相当的端面称为第二端面 $\Sigma 2$ 。第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 与前述的第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 连接。

[0130] 第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜方向 $v 1$ 及第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜方向 $v 2$ 被决定为满足下述的条

件1。

[0131] 条件1:在以将第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化的方式使第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 面接触了的情况下,第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个至少局部重合。

[0132] 由此,在将第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 与第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 以第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使第一多芯光纤MF1的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 与第二多芯光纤MF2的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 光学耦合。这里,“以第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2尽可能配置在一条直线上的方式”将第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 连接是指“以第一多芯光纤MF1的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二多芯光纤MF2的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的纤芯的延伸方向所成的角最小的方式”将第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 连接。

[0133] 此外,第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜角 θ_1 与第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜角 θ_2 可以一致,也可以不一致。不过,第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜角 θ_1 与第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜角 θ_2 优选等同(基本上一致),进一步优选一致(完全一致)。这里,第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜角 θ_1 与第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜角 θ_2 等同(基本上一致)是指例如差 $|\theta_1 - \theta_2|$ 例如为 2° 以下或者为 0.4° 以下。

[0134] 在第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜角 θ_1 与第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜角 θ_2 一致的情况下,第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角的最小值为 0° 。即,将第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化和使第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向一致等价。因此,上述的条件1与下述的条件1' 等价。

[0135] 条件1':在以第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向一致的方式使第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 面接触了的情况下,第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的每一个与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的任一个至少局部重合。

[0136] 由此,在将第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 与第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 以第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使第一多芯光纤MF1的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 与第二多芯光纤MF2的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 光学耦合。这里,“以第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2配置在一条直线上的方式”将第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 连接是指“以第一多芯光纤MF1的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二多芯光纤MF2的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的纤芯的延伸方向一致的方式”将第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 连接。此外,即使第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜角 θ_1 与第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜角 θ_2 不严格一致,只要第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜角 θ_1 与第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜角 θ_2 等同(只要基本上一致),便可得到与之等同的效果。

[0137] 在本实施方式所涉及的多芯光纤MF中,第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜方向 v_1 和第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜方向 v_2 被决定为除了满足上述的条件1之外,还满足下述的条件2。

[0138] 条件2:在以将第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 $a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化的方式使第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 面接触了的情况下,至少局部重合的纤芯的纤芯编号一致。

[0139] 在图8所示的例子中,至少局部重合的纤芯的组对是(1)第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 a_1

与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯a1的组对、(2) 第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯a2与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯a2的组对、(3) 第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯a3与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯a3的组对、(4) 第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯a4与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯a4的组对。针对上述4个组对中的任一组对,构成组对的2个纤芯的纤芯编号均一致。即,图8所示的连接形态可以说是(1) 第一多芯光纤MF1中距标记c最近的纤芯a1与第二多芯光纤MF2中距标记c最近的纤芯a1至少局部重合、(2) 第一多芯光纤MF1中距标记c第二近的纤芯a2与第二多芯光纤MF2中距标记c第二近的纤芯a2至少局部重合的连接形态。

[0140] 由此,在将第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 与第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 以第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使纤芯编号一致的纤芯彼此光学耦合。

[0141] 此外,如图8的(c)所示,也可以在第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 侧的端部设置有第一单芯连接器C1。同样,如图8的(c)所示,也可以在第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 侧的端部设置有第二单芯连接器C2。关于第一单芯连接器C1及第二单芯连接器C2的结构等,与参照图5说明过的相同,因此这里不重复其说明。

[0142] 此外,在本实施方式中,作为第一多芯光纤MF1,使用了倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a4与纤芯a1的中点的多芯光纤,但第一多芯光纤MF1并不限于此。(1) 倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a1与纤芯a2的中点的多芯光纤、(2) 倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a2与纤芯a3的中点的多芯光纤、(3) 倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a3与纤芯a4的中点的多芯光纤也能够作为第一多芯光纤MF1来利用。另外,(1) 倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a1的多芯光纤、(2) 倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a2的多芯光纤、(3) 倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a3的多芯光纤、(4) 倾斜方向v1从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯a4的多芯光纤也能够作为第一多芯光纤MF1来利用。关于第二多芯光纤MF2,也可以说同样的内容。

[0143] (第六实施方式)

[0144] 参照图9对本发明的第六实施方式所涉及的多芯光纤MF进行说明。图9的(a)是多芯光纤MF的侧视图,图9的(b)是多芯光纤MF的立体图。

[0145] 多芯光纤MF具备第一多芯光纤MF1和第二多芯光纤MF2。第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2被连接(例如熔接连接)。

[0146] 第一多芯光纤MF1构成为与图1所示的多芯光纤MF相同。不过,在第一多芯光纤MF1中,虽然第一端面 $\sigma 1$ 必须倾斜,但第二端面 $\sigma 2$ 不必倾斜。将第一多芯光纤MF1的必须倾斜的一方的端面、即与图1所示的多芯光纤MF的第一端面 $\sigma 1$ 相当的端面称为第一端面 $\Sigma 1$ 。

[0147] 第二多芯光纤MF2构成为与图1所示的多芯光纤MF相同。不过,在第二多芯光纤MF2中,虽然第一端面 $\sigma 1$ 必须倾斜,但第二端面 $\sigma 2$ 不必倾斜。将第二多芯光纤MF2的必须倾斜的一方的端面、即与图1所示的多芯光纤MF的第一端面 $\sigma 1$ 相当的端面称为第二端面 $\Sigma 2$ 。

[0148] 在第五实施方式所涉及的多芯光纤MF中,第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜方向v1及第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜方向v2被决定为除了满足上述的条件1之外,还满足上述的条件2。相对于此,在第六实施方式所涉及的多芯光纤MF中,第一端面 $\Sigma 1$ 的倾斜方向v1及第二端面 $\Sigma 2$ 的倾斜方向v2被决定为除了满足上述的条件1之外,还满足下述的条件3。

[0149] 条件3:在以将第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯a1 ~ an的延伸方向与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯

$a_1 \sim a_n$ 的延伸方向所成的角最小化的方式使第一端面 $\Sigma 1$ 与第二端面 $\Sigma 2$ 面接触了的情况下,至少局部重合的纤芯的纤芯编号不同。

[0150] 在图9所示的例子中,至少局部重合的纤芯的组对是(1)第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 a_1 与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 a_2 的组对、(2)第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 a_2 与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 a_1 的组对、(3)第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 a_3 与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 a_4 的组对、(4)第一端面 $\Sigma 1$ 中的纤芯 a_4 与第二端面 $\Sigma 2$ 中的纤芯 a_3 的组对。针对上述4个组对中的任一组对,构成组对的2个纤芯的纤芯编号不同。即,图9所示的连接形态可以说是(1)第一多芯光纤MF1中距标记c最近的纤芯 a_1 与第二多芯光纤MF2中距标记c第二近的纤芯 a_2 至少局部重合、(2)第一多芯光纤MF1中距标记c第二近的纤芯 a_2 与第二多芯光纤MF2中距标记c最近的纤芯 a_1 至少局部重合的连接形态。

[0151] 由此,在将第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 与第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 以第一多芯光纤MF1与第二多芯光纤MF2尽可能配置在一条直线上的方式连接了的情况下,能够使纤芯编号不同的纤芯彼此光学耦合。

[0152] 此外,如图9的(c)所示,也可以在第一多芯光纤MF1的第一端面 $\Sigma 1$ 侧的端部设置有第一单芯连接器C1。同样,如图9的(c)所示,也可以在第二多芯光纤MF2的第二端面 $\Sigma 2$ 侧的端部设置有第二单芯连接器C2。关于第一单芯连接器C1及第二单芯连接器C2的结构等,与参照图5说明过的相同,因此这里不重复其说明。

[0153] 此外,在本实施方式中,作为第一多芯光纤MF1,使用了倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_4 与纤芯 a_1 的中点的多芯光纤,但第一多芯光纤MF1并不限于此。(1)倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_1 与纤芯 a_2 的中点的多芯光纤、(2)倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_2 与纤芯 a_3 的中点的多芯光纤、(3)倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_3 与纤芯 a_4 的中点的多芯光纤也能够作为第一多芯光纤MF1来利用。另外,(1)倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_1 的多芯光纤、(2)倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_2 的多芯光纤、(3)倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_3 的多芯光纤、(4)倾斜方向 v_1 从第一端面 $\Sigma 1$ 的中心朝向纤芯 a_4 的多芯光纤也能够作为第一多芯光纤MF1来利用。关于第二多芯光纤MF2,也可以说同样的内容。

[0154] (总结)

[0155] 在本发明的方式1所涉及的多芯光纤中,采用了如下结构,即具有:包层;多个纤芯,形成于上述包层内;至少一个标记,形成于上述包层内;以及端面,以不与上述多个纤芯的延伸方向正交的方式倾斜,在上述端面中,上述多个纤芯相对于与上述端面的倾斜方向正交且穿过上述包层的中心的假想轴配置为线对称状,上述标记的中心包含在穿过上述多个纤芯中的最远离上述假想轴的纤芯或者在该纤芯传播的光的模场中的最远离上述假想轴的区域且与上述假想轴平行的直线和穿过与设置有最远离上述假想轴的纤芯的一侧相反的一侧且最远离上述假想轴的纤芯或者在该纤芯传播的光的模场中的最远离上述假想轴的区域且与上述假想轴平行的直线之间的区域。

[0156] 在本发明的方式2所涉及的多芯光纤中,在方式1的结构的基础上,采用了如下结构,即在上述端面中,(1)上述多个纤芯中的距上述标记最近的纤芯与距上述标记第二近的纤芯配置为夹着上述假想轴,或(2)上述多个纤芯中的距上述标记最近的纤芯配置在上述假想轴上,或者(3)上述多个纤芯中的距上述标记第二近的纤芯配置在上述假想轴上。

[0157] 在本发明的方式3所涉及的多芯光纤中,在方式2的结构的基础上,采用了如下结构,即在上述端面中,上述标记的中心配置于被穿过距上述标记最近的纤芯的中心且与上述轴平行的直线和穿过距上述标记第二近的纤芯的中心且与上述假想轴平行的直线夹着的区域内。

[0158] 在本发明的方式4所涉及的多芯光纤中,在方式1~3中任一方式的结构的基础上,采用了如下结构,即上述假想轴与上述多个纤芯中的任一个均不相交。

[0159] 在本发明的方式5所涉及的多芯光纤中,在方式1~4中任一方式的结构的基础上,采用了如下结构,即具有以不与上述多个纤芯的延伸方向正交的方式倾斜的另一端面,在上述另一端面中,上述多个纤芯相对于与上述端面的倾斜方向正交的假想轴配置为线对称状,(1)上述多个纤芯中的距上述标记最近的纤芯与距上述标记第二近的纤芯配置为夹着上述假想轴,或者(2)上述多个纤芯中的距上述标记最近的纤芯配置在上述假想轴上。

[0160] 在本发明的方式6所涉及的多芯光纤中,采用了如下结构,即具备:第一多芯光纤,是方式1~5中任一方式所涉及的多芯光纤;和第二多芯光纤,是方式1~5中任一方式所涉及的多芯光纤,上述第一多芯光纤的上述端面与第二多芯光纤的上述端面被以上述第一多芯光纤的上述多个纤芯的每一个与上述第二多芯光纤的上述多个纤芯中的任一个至少局部重合的方式连接。

[0161] 在本发明的方式7所涉及的多芯光纤中,在方式6所涉及的多芯光纤的基础上,采用了如下结构,即上述第一多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第一多芯光纤的上述端面中距上述第一多芯光纤的上述标记最近的纤芯与上述第二多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第二多芯光纤的上述端面中距上述第二多芯光纤的上述标记最近的纤芯至少局部重合,上述第一多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第一多芯光纤的上述端面中距上述第一多芯光纤的上述标记第二近的纤芯与上述第二多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第二多芯光纤的上述端面中距上述第二多芯光纤第二近的上述标记的纤芯至少局部重合。

[0162] 在本发明的方式8所涉及的多芯光纤中,在方式6的结构的基础上,采用了如下结构,即上述第一多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第一多芯光纤的上述端面中距上述第一多芯光纤的上述标记最近的纤芯与上述第二多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第二多芯光纤的上述端面中距上述第二多芯光纤第二近的上述标记的纤芯至少局部重合,上述第一多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第一多芯光纤的上述端面中距上述第一多芯光纤的上述标记第二近的纤芯与上述第二多芯光纤的上述多个纤芯中的在上述第二多芯光纤的上述端面中距上述第二多芯光纤的上述标记最近的纤芯至少局部重合。

[0163] 在本发明的方式9所涉及的光器件中,采用了如下结构,即具备:方式1~8中任一方式所涉及的多芯光纤;和单芯连接器,设置于上述多芯光纤的一方或两方的端部。

[0164] 在本发明的方式10所涉及的光器件中,采用了如下结构,即具备:由方式1~8中任一方式所涉及的多芯光纤构成的多芯光纤束;和设置于上述多芯光纤束的一方或两方的端部的多芯连接器或者一体化了的单芯连接器组。

[0165] 在本发明的方式11所涉及的光器件中,在方式10的结构的基础上,采用了如下结构,即上述多芯光纤束包括在上述多芯连接器中以上述假想轴位于同一直线上的方式配置的多个多芯光纤,或者上述单芯连接器组包括以上述假想轴位于同一直线上的方式配置的多个单芯连接器。

[0166] 在本发明的方式12所涉及的多芯光纤的制造方法中,制造方式6~8中任一方式所涉及的多芯光纤,采用了如下结构,即以上述第一多芯光纤的上述多个纤芯的每一个与上述第二多芯光纤的上述多个纤芯中的任一个至少局部重合的方式将上述第一多芯光纤的上述端面与第二多芯光纤的上述端面连接。

[0167] (备注事项)

[0168] 本发明并不限于上述的实施方式,能够在技术方案所示的范围内进行各种变更,适当组合上述的实施方式所公开的各技术手段而得到的实施方式也包含在本发明的技术范围内。例如,多芯光纤也可以扭转。不论是否扭转,满足技术方案所记载的条件条件的多芯光纤均包含在本发明的技术范围内。另外,连接器的形状是任意的。例如,具备在光纤孔插入、固定多芯光纤的类型的连接器的光器件、或者具备在V槽收容、固定多芯光纤的类型的连接器的光器件也包含在本发明的技术范围内。另外,多芯光纤的端面可以是平坦面,也可以是能够由平坦面进行近似的曲面(例如凸球面、或者凹球面)。

[0169] 另外,对上述的多芯光纤具备以下结构的情况进行了说明,即:在上述端面中,上述多个纤芯相对于与上述端面的倾斜方向正交的假想轴配置为线对称状,上述标记的中心包含在上述假想轴和通过上述多个纤芯中的最远离上述假想轴的纤芯的中心且与上述假想轴平行的直线之间的区域。但是,上述的多芯光纤也可以构成为:在上述端面中,上述多个纤芯相对于与上述端面的倾斜方向正交的假想轴配置为线对称状,上述标记的中心包含在通过上述多个纤芯中的最远离上述假想轴的纤芯或者在该纤芯传播的光的模场中的最远离上述假想轴的区域且与上述假想轴平行的直线和通过与设置有最远离上述假想轴的纤芯的一侧相反的一侧且最远离上述假想轴的纤芯或者在该纤芯传播的光的模场中的最远离上述假想轴的区域且与上述假想轴平行的直线之间的区域。这里,上述的模场是指比包层的外侧靠内侧的区域中的按照850nm~1700nm的任一波长的光在纤芯传播的情况下的模场直径定义的区域。

[0170] 附图标记说明

[0171] MF...多芯光纤;a1~an...纤芯;b...包层;c...标记; σ 1...第一端面; σ 2...第二端面;v1、v2...倾斜方向; θ 1、 θ 2...倾斜角;OD1、OD2...光器件;C1、C2...单芯连接器;C3、C4...多芯连接器。

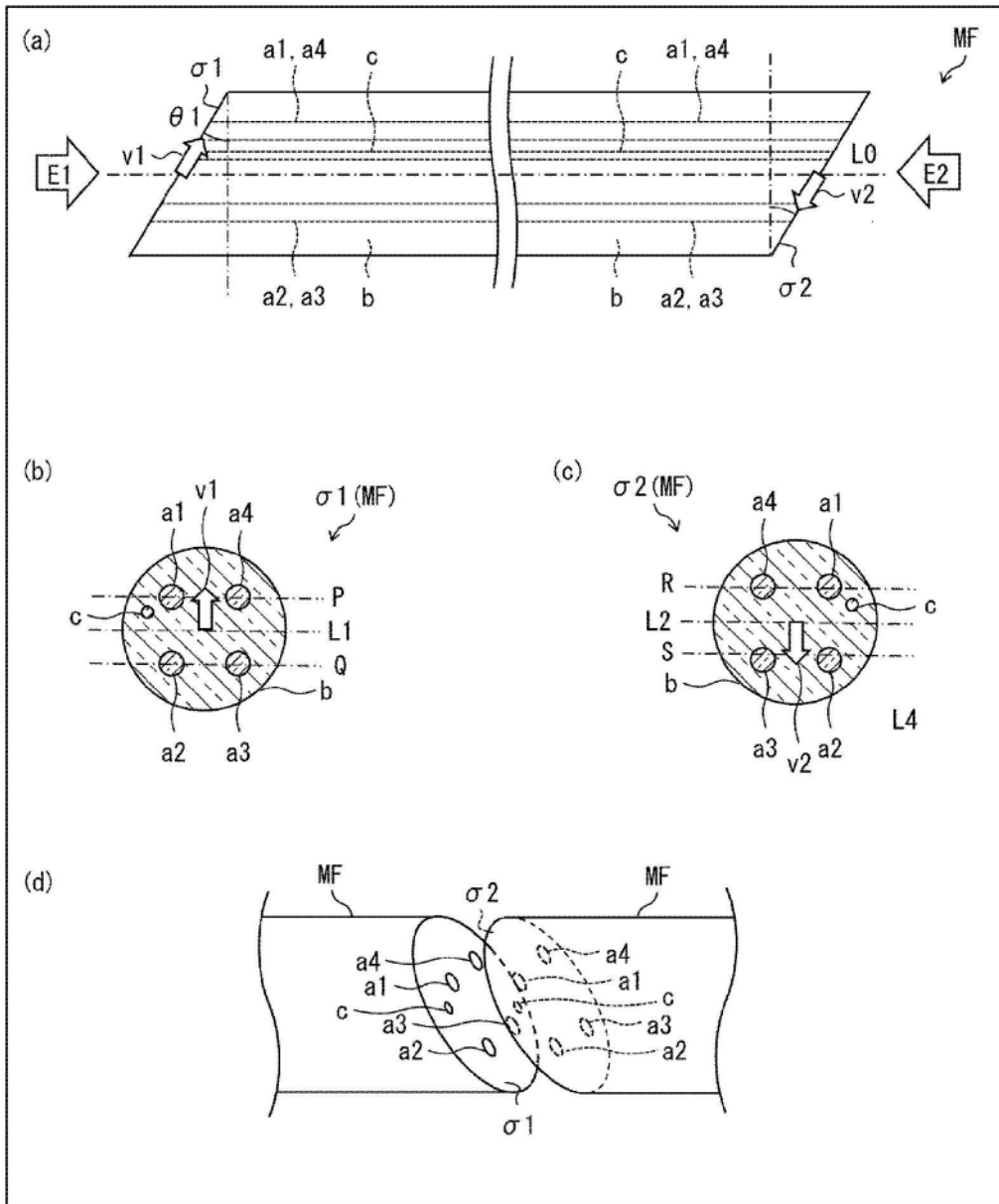


图1

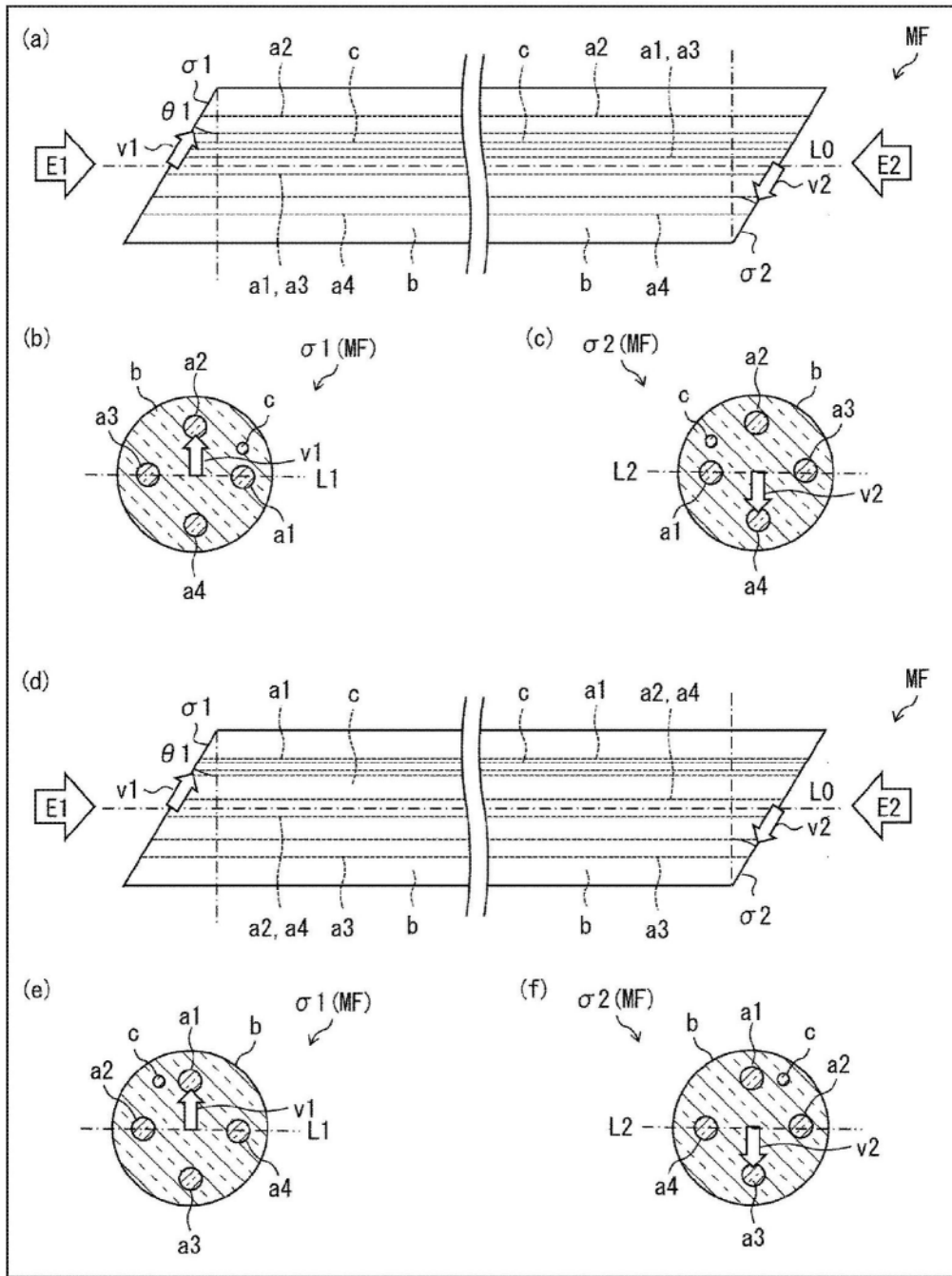


图2

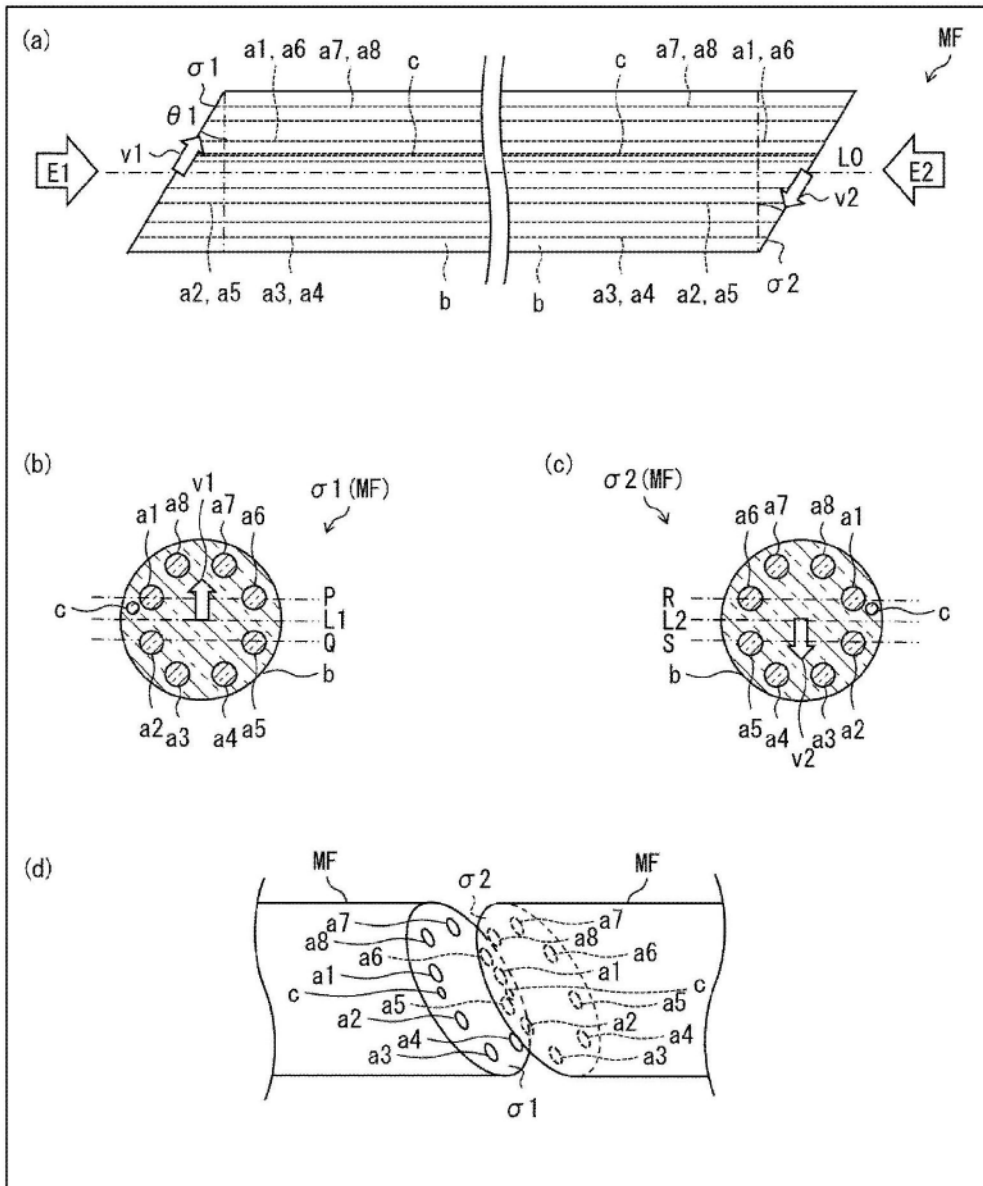


图3

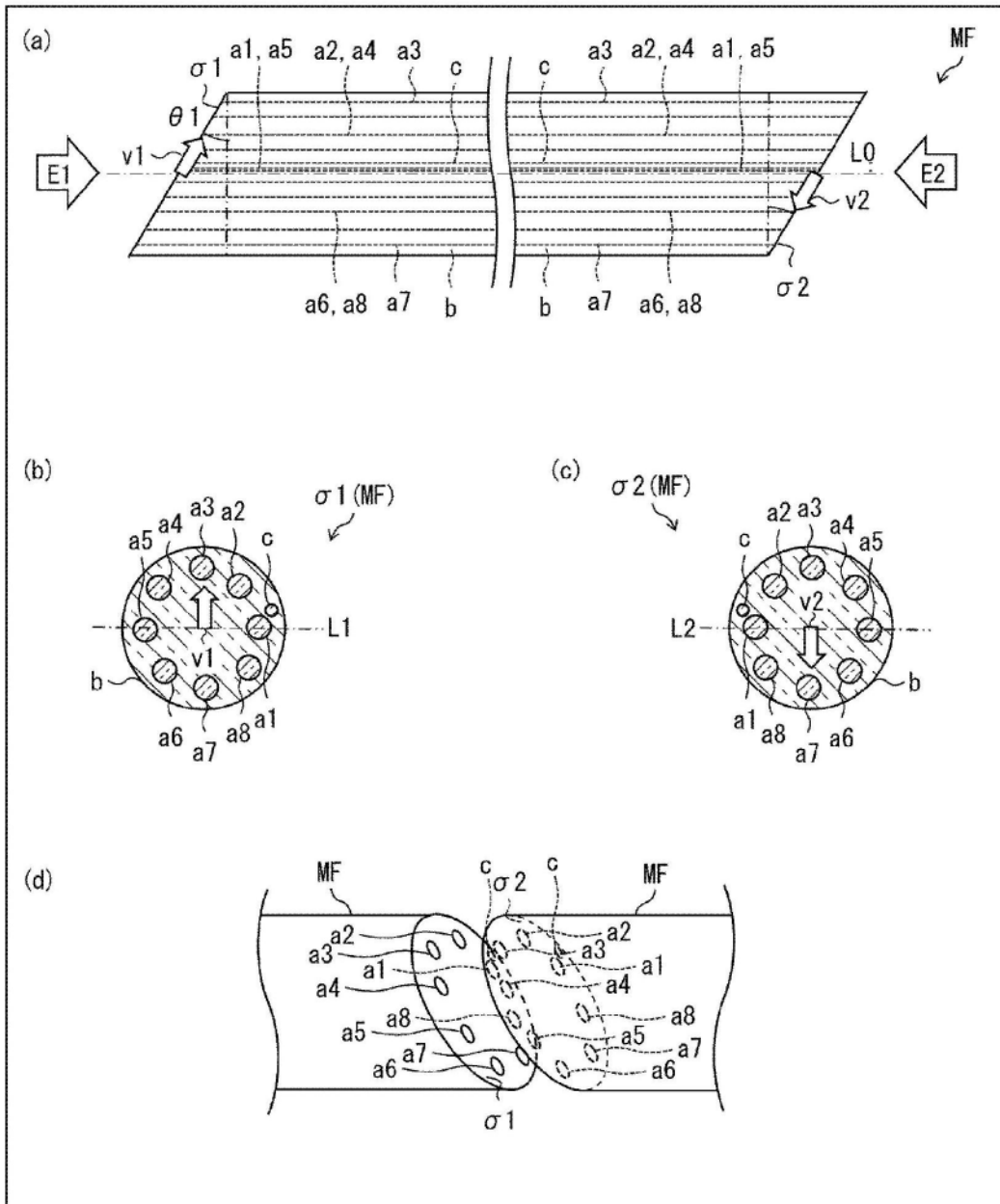


图4

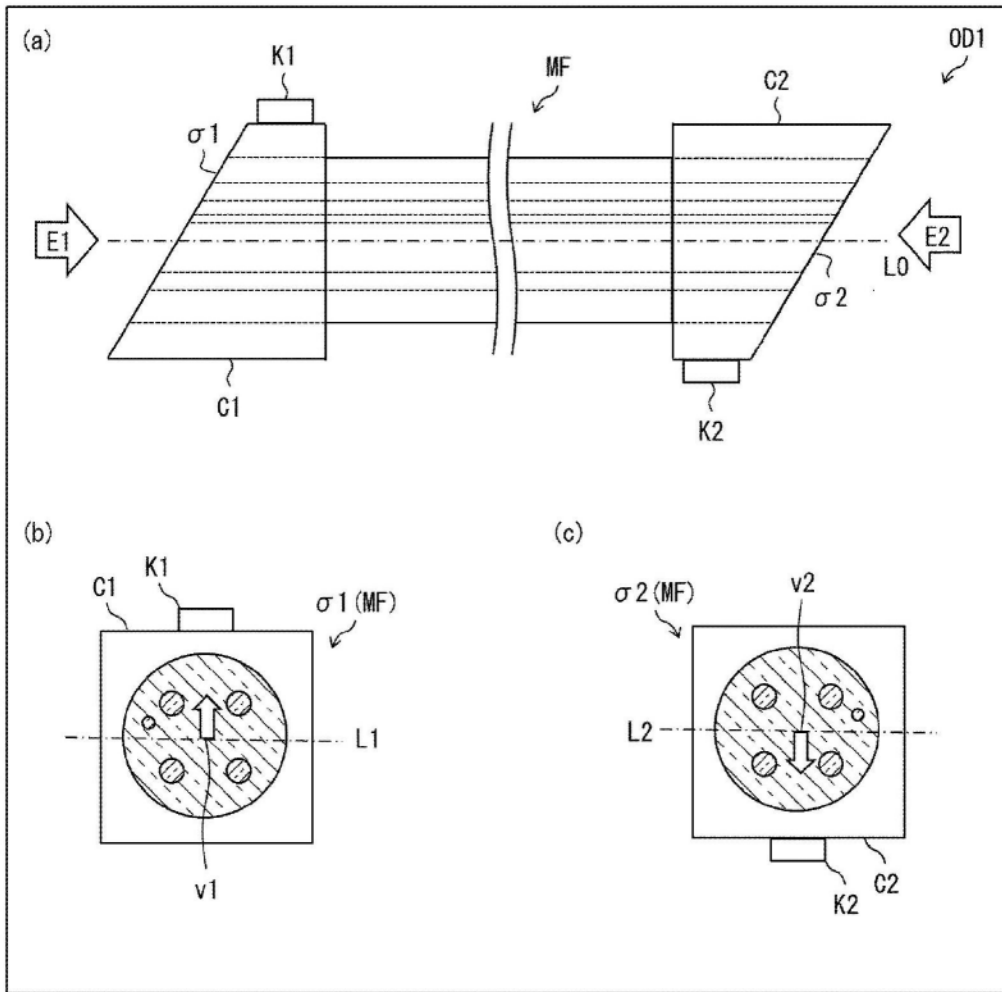


图5

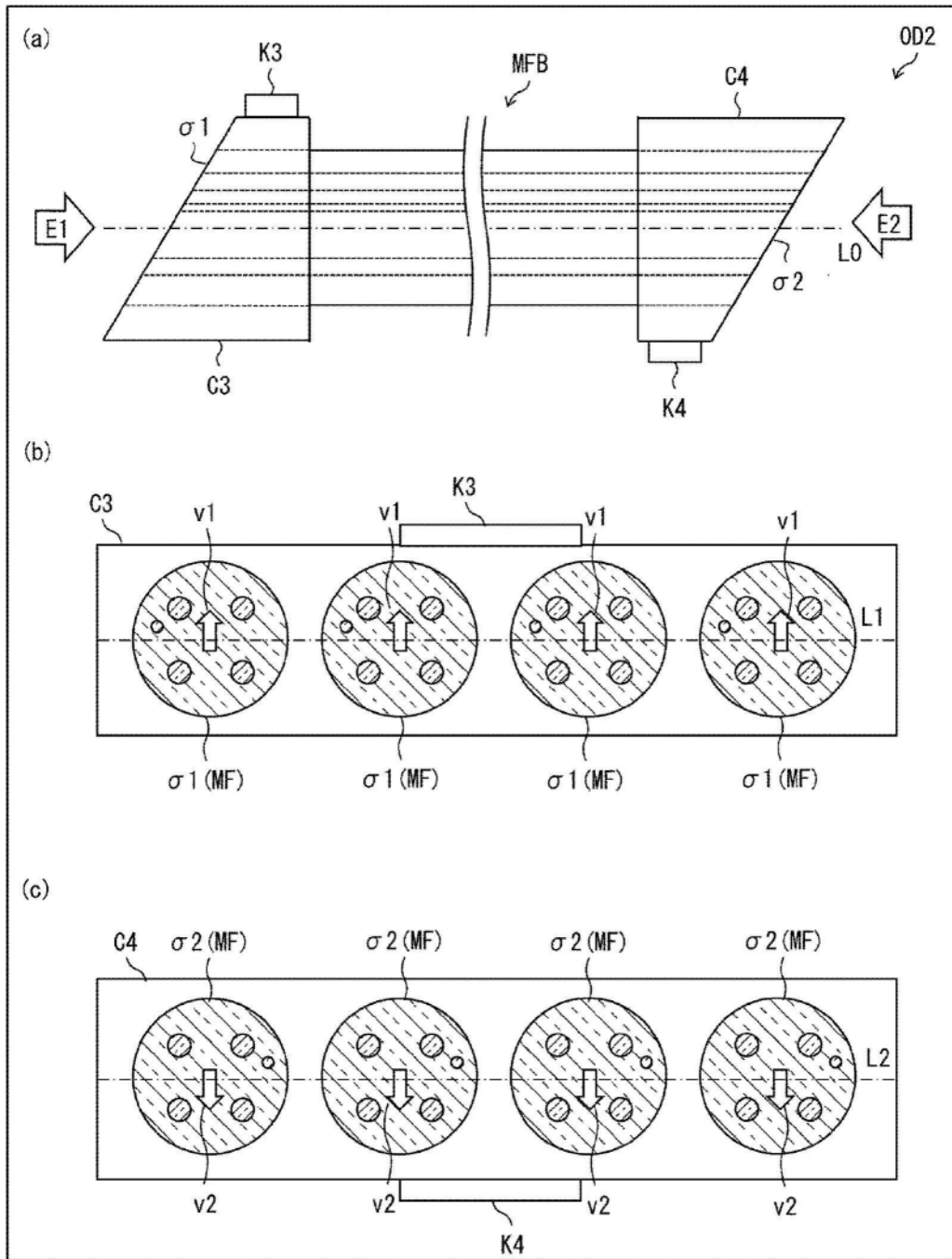


图6

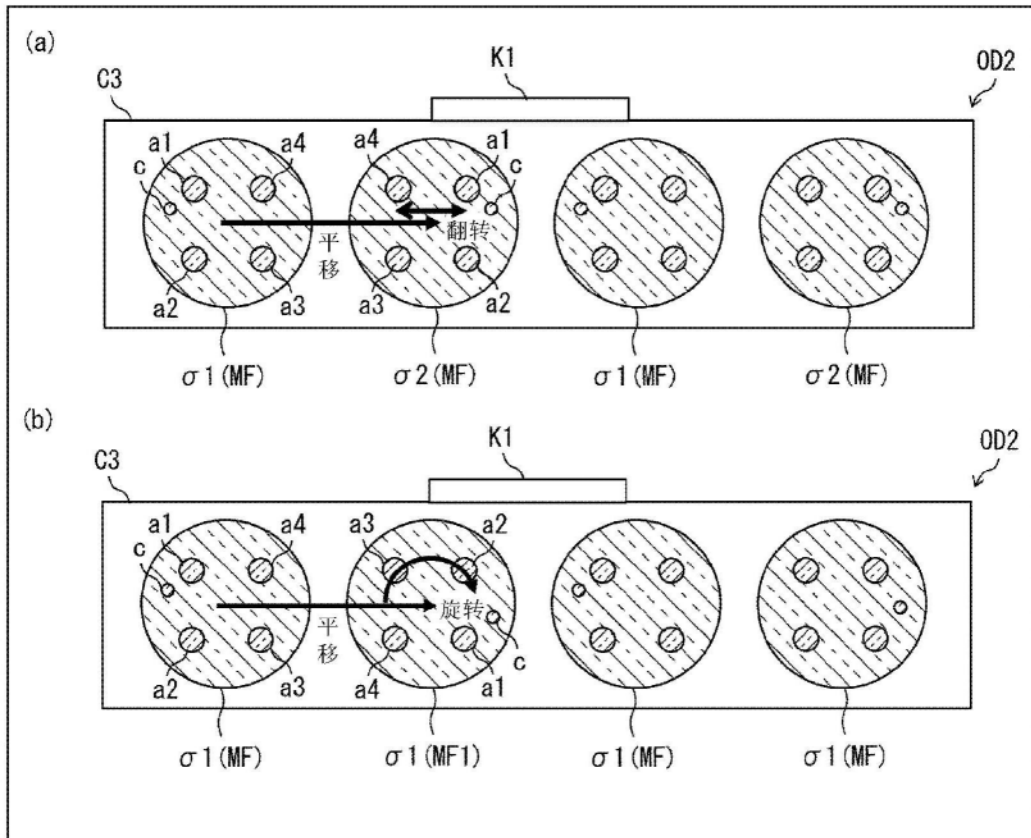


图7

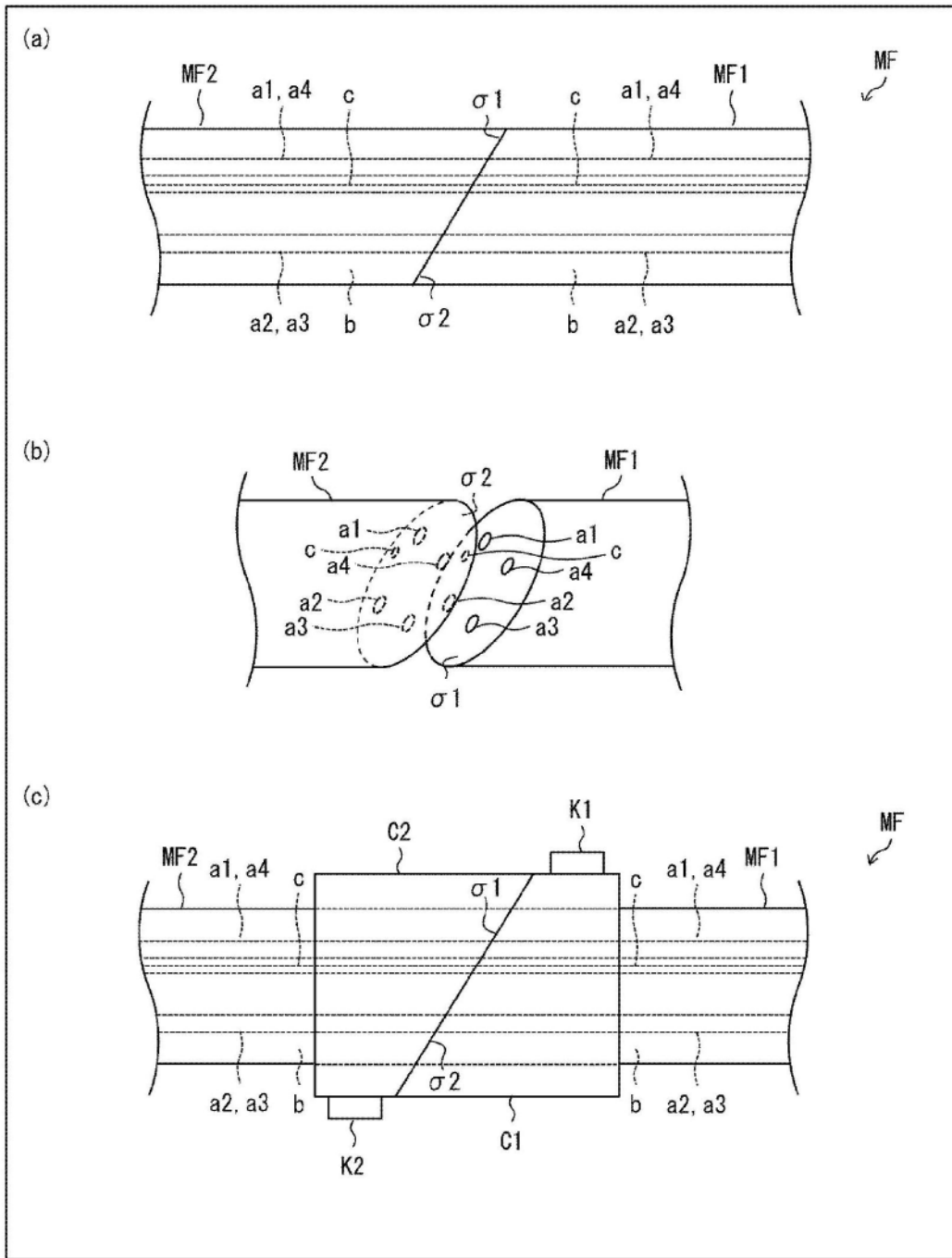


图8

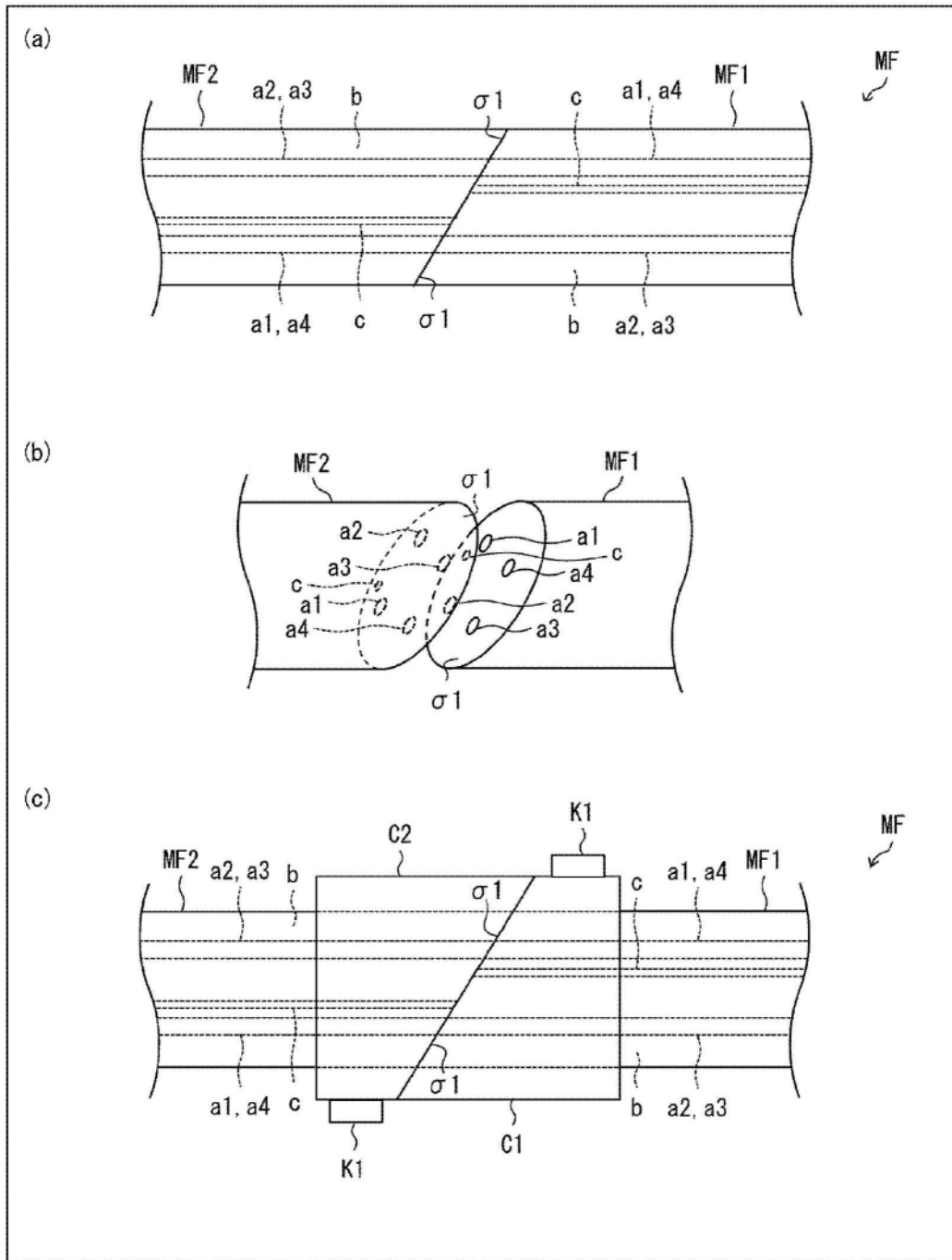


图9