

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 3/06 (2006.01)

G02B 6/04 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880010033.7

[43] 公开日 2010 年 2 月 10 日

[11] 公开号 CN 101647162A

[22] 申请日 2008.4.24

[21] 申请号 200880010033.7

[30] 优先权

[32] 2007.4.27 [33] JP [31] 120271/2007

[86] 国际申请 PCT/JP2008/057915 2008.4.24

[87] 国际公布 WO2008/136344 日 2008.11.13

[85] 进入国家阶段日期 2009.9.25

[71] 申请人 株式会社藤仓

地址 日本东京都

[72] 发明人 谷川庄二 中居道弘

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 雒运朴 李 伟

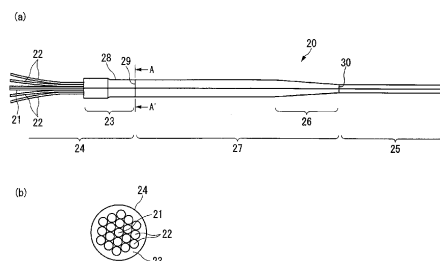
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 3 页

[54] 发明名称

光抽运器件用多芯光纤及其制造方法、光抽运器件、光纤激光器和光纤放大器

[57] 摘要

一种光抽运器件用多芯光纤，在定位部件中插入多个光纤，并通过加热而一体化，其特征在于，定位部件由具有比被插入到孔内的光纤的软化温度低的软化温度的材料构成。根据本发明，可提供一种在把定位部件和光纤熔融一体化时光纤的变形少，低成本且高性能的多芯光纤。



1. 一种光抽运器件用多芯光纤，在定位部件中插入多个光纤，并通过加热而使之变成一体，其特征在于，

定位部件由具有比被插入到孔内的光纤的软化温度低的软化温度的材料构成。

2. 根据权利要求1所述的光抽运器件用多芯光纤，其特征在于，定位部件采用添加了氟的石英玻璃制造。

3. 根据权利要求2所述的光抽运器件用多芯光纤，其特征在于，氟的添加浓度与石英玻璃的相对折射率差为-0.25%~-0.35%。

4. 根据权利要求1所述的光抽运器件用多芯光纤，其特征在于，定位部件是多孔毛细管。

5. 一种光抽运器件用多芯光纤的制造方法，其特征在于，在定位部件中插入多个光纤，使用加热装置进行熔融一体化，由此获得权利要求1所述的光抽运器件用多芯光纤。

6. 一种光抽运器件用多芯光纤的制造方法，其特征在于，在定位部件中插入多个光纤，使用加热装置进行熔融一体化，由此获得权利要求4所述的光抽运器件用多芯光纤。

7. 一种光抽运器件，其特征在于，使用了权利要求1所述的光抽运器件用多芯光纤。

8. 一种光抽运器件，其特征在于，使用了权利要求4所述的光抽运器件用多芯光纤。

9. 一种光纤激光器，其特征在于，使用了权利要求7所述的光抽运器件。

10. 一种光纤激光器，其特征在于，使用了权利要求8所述的光抽运器件。

11. 一种光纤放大器，其特征在于，使用了权利要求7所述的光抽运器件。

12. 一种光纤放大器，其特征在于，使用了权利要求8所述的光抽运器件。

光抽运器件用多芯光纤及其制造方法、光抽运器件、光纤激光器和光纤放大器

技术领域

本发明涉及光放大、光振荡技术，特别涉及作为激发光和信号光的耦合器件的光抽运器件，而且涉及作为其构成部件的多芯光纤及其制造方法、使用了该多芯光纤的光抽运器件、使用了该光抽运器件的光纤激光器和光纤放大器。

本发明申请主张以 2007 年 4 月 27 日向日本提出的特愿 2007-120271 号为基础的优先权，并在此引用了其内容。

背景技术

以往，作为光抽运器件，提出有一种使用了多孔毛细管的泵浦合成器（例如参照非专利文献 1）。

另外，作为激发光与信号光的耦合器件，提出有例如专利文献 1~7 所公开的技术。

非专利文献 1：田中、谷川、中居、酒井、姬野：“使用了多孔毛细管的设计自由度高的泵浦合成器”，2006 年信学总大，B-13-29

专利文献 1：日本特开平 7-140346 号公报

专利文献 2：日本特开平 6-67055 号公报

专利文献 3：日本特开平 6-235841 号公报

专利文献 4：美国专利第 5268979 号说明书

专利文献 5：美国专利第 5339372 号说明书

专利文献 6：美国专利第 7016573 号说明书

专利文献 7: 美国专利第 5129021 号说明书

但是, 上述的以往技术存在着以下的问题。

非专利文献 1 所公开的多孔毛细管(定位部件)与插入的光纤的构成材料相同, 由实质上大致纯的石英构成, 未考虑到定位部件的软化温度。

在被插入的光纤的软化温度和定位部件的软化温度相同、或定位部件的软化温度高的情况下, 在基于加热的熔融一体化时, 光纤由于与定位部件大致同时或早于定位部件变软, 会产生(A)插入光纤的截面形状的变形、(B)插入光纤的弯曲。由此, 会产生如下的问题, (1)传导激发光的光纤的数值孔径(NA)实质变大, 多芯光纤与桥接光纤以及位于其下游的双包层光纤的连接损耗增大; (2)插入光纤由于以弯曲的状态被熔融一体化, 所以产生由该弯曲引起的信号光和激发光的损失(或增大)。因此, 非专利文献 1 所公开的石英制多孔毛细管具有上述(1)、(2)的问题。

专利文献 1~5 所公开的器件, 其中的定位部件都不是多孔构造。

专利文献 6 所公开的器件是在单孔的毛细管中插入光纤的方式, 未公开多孔构造的定位部件。另外, 在专利文献 6 中, 没有关于材料的软化温度等的记载。

专利文献 7 所公开的器件在设计中未考虑软化温度。另外, 是通过延伸毛细管本身使之耦合的构造, 而不是另外隔着被延伸的桥接光纤与具有稀土类添加芯的双包层光纤连接的多芯光纤。

本发明就是鉴于上述的问题而提出的, 目的是提供一种定位部件和光纤熔融一体化时光纤的变形小, 廉价且高性能的多芯光纤。

发明内容

为了达到上述的目的, 本发明提供一种光抽运器件用多芯光纤, 在定位部件中插入多个光纤, 并通过加热而形成一体, 其特征在于, 定位部件由具有比被插入到孔内的光纤的软化温度低的软化温度的材料构成。

在本发明的光抽运器件用多芯光纤中, 优选地, 定位部件采用添加了氟的石英玻璃制造。

在本发明的光抽运器件用多芯光纤中，优选地，定位部件是多孔毛细管。

另外，本发明提供一种光抽运器件用多芯光纤的制造方法，其特征在于，在定位部件中插入多个光纤，使用加热装置进行熔融一体化，由此获得上述本发明的光抽运器件用多芯光纤。

在本发明的光抽运器件用多芯光纤的制造方法中，优选地，加热装置是火焰喷灯。

在本发明的光抽运器件用多芯光纤的制造方法中，优选地，加热装置为激光器加热。

另外，本发明提供一种光抽运器件，其特征在于，使用了上述本发明的光抽运器件用多芯光纤。

另外，本发明提供一种光纤激光器，其特征在于，使用了上述本发明的光抽运器件。

另外，本发明提供一种光纤放大器，其特征在于，使用了上述本发明的光抽运器件。

本发明的光抽运器件用多芯光纤（以下称为多芯光纤），由于使用了软化点比光纤低的材料作为定位部件，所以在把光纤插入定位部件中加热两者进行熔融一体化时，定位部件比光纤先变形，由此可防止光纤的变形，其结果，1）通过防止光纤的非圆变形，可减少激发光损失；2）通过防止光纤的弯曲变形，可减少信号光/激发光的损失；3）基于这些效果，可提高多芯光纤的成品率。

因此，可提供低成本、高性能的多芯光纤。

在本发明的多芯光纤中，通过使用添加氟的石英玻璃制造定位部件，可大幅降低软化温度，使制造变得容易，所以添加氟的石英玻璃作为在本发明中使用的定位部件的材料特别理想。通过使用添加氟的石英玻璃制的定位部件，可低成本且高成品率地进行定位部件的制造。

另外，通过使用添加氟的石英玻璃制的定位部件，使定位部件的部分

的折射率比构成光纤的石英玻璃低，所以能够使多芯光纤的波导构造最佳化。

在本发明的多芯光纤中，通过使用多孔毛细管作为定位部件，使制造变得容易，从而可提供廉价的定位部件。

本发明的多芯光纤的制造方法由于是通过在定位部件中插入多个光纤，使用加热装置进行熔融一体化，由此可获得多芯光纤的方法，所以可制造廉价且高性能的多芯光纤。

本发明的制造方法在使用火焰喷灯作为加热装置的情况下，制造设备变得简单。而且，能够进行局部加热，并且容易控制火焰。

本发明的制造方法在使用激光加热器作为加热装置的情况下，局部加热性良好，控制性高。

本发明的光抽运器件由于如上述那样使用插入损失低、廉价的多芯光纤，所以可提供廉价高性能的光抽运器件。

本发明的光纤激光器由于如上述那样使用廉价高性能的光抽运器件，所以可提供一种廉价高性能的光纤激光器。

本发明的光纤激光器由于如上述那样使用廉价高性能的光抽运器件，所以可提供一种廉价高性能的光纤激光器。

附图说明

图1表示本发明的光抽运器件的一个实施方式，(a)是光抽运器件的侧视图，(b)是(a)中的A-A'部剖面图。

图2是举例表示本发明的多芯光纤的光纤配置例的剖面图。

图3是举例表示本发明的多芯光纤的光纤配置例的剖面图。

图4是表示实施例的结果的直方图。

附图标记的说明

20: 光抽运器件; 21: 信号端口; 22: 激发端口; 23: 多孔毛细管; 24: 多芯光纤; 25: 双包层光纤; 26: 锥形部; 27: 桥接光纤; 28: 收缩部; 29、30: 连接点; 40A、40B、40C、40D、40E、40F、40G: 多芯光

纤；41A、41B、41C、41D、41E、41F、41G：多孔毛细管；42：信号端口；43：信号端口芯；44：信号端口包层；45：激发端口；46：激发端口芯；47：激发端口包层。

具体实施方式

下面，参照附图，对本发明的实施方式进行说明。

图1是表示本发明的光抽运器件的一个实施方式的图，图1(a)是光抽运器件20的侧视图，图1(b)是图1(a)中的A-A'部剖面图。本实施方式的光抽运器件20是将多芯光纤24和具有光抽运用的稀土类添加芯的双包层光纤25隔着具有锥形部26的由双包层光纤构成的桥接光纤27连接而构成的，其中，该多芯光纤24是由将作为入射端口的信号光用光纤的前端部即信号端口21、和激发光用光纤的前端部即多个激发端口22，插入由比这些光纤的软化温度低的玻璃构成的多孔毛细管23中，并收缩空隙部分而形成的。

上述多芯光纤24的构造是，在多孔毛细管23中插入信号端口21和多个激发端口22，并通过加热其一部分使空隙部分收缩，从而形成了一体化了的收缩部28，并且该多孔毛细管23是由入射端口（信号端口21和多个激发端口22）被立体定位地配置的具有多个细孔的软化温度比光纤低的玻璃构成的定位部件。

在图1(b)的示例中，在呈圆筒状的多孔毛细管23中，以密集了19个的状态形成了端口插入用细孔。而且，成为如下结构：在该多孔毛细管23的细孔中，中心插入信号端口21，在其周围的第1层插入6个，第2层插入12个，共计插入18个激发端口22，在收缩部28将多孔毛细管23和各入射端口一体化。另外，虽然未图示，但各个激发端口22的另一端与激光二极管(LD)等激发光源的出射端连接，使来自该激发光源的特定波长的激发光能够向光抽运器件20传播。

上述多孔毛细管23可以采用在石英玻璃中添加了从由氟、磷、硼、锆、铝、氯构成的组中选择的1种或2种以上的元素（在石英玻璃中存在氧化物形式的磷、硼、锆、和铝）的材料制造，其中尤其是优选为添加氟的石英玻璃。通过使用添加氟的石英玻璃制造定位部件，可大幅度降低软化温

度，使制造变得容易。通过使用添加氟的石英玻璃制的多孔毛细管 23，能够使制造低成本化且提高成品率。而且，通过使用添加氟的石英玻璃制的多孔毛细管 23，使多孔毛细管 23 的部分比构成光纤的石英玻璃的折射率低，因此，可使多芯光纤的波导构造变得最佳。

多孔毛细管 23 的孔数虽是任意的，但实质上是 3 以上、100 以下。

在插入该多孔毛细管 23 的孔内的光纤，即信号端口 21 和多个激发端口 22 中，信号端口 21 用的光纤，优选芯径为 $4.5\sim 30\mu\text{m}$ 左右。还有，激发端口 22 用的光纤，优选芯径为 $50\sim 110\mu\text{m}$ 。

关于该多孔毛细管 23 的制造方法，可以采用在上述添加氟的石英玻璃等软化点低的玻璃制的多孔毛细管 23 的孔内插入多个光纤（信号端口 21 和多个激发端口 22），并使用加热装置进行熔融一体化的方法。采用该方法，可制造出低成本高性能的多芯光纤 24。

作为上述加热装置，可以使用氢氧燃烧器、乙炔燃烧器等火焰喷灯、电热线圈、CO₂ 激光器等激光加热器，其中火焰喷灯或激光加热器最为理想。

在本发明的制造方法中，在将火焰喷灯用作加热装置的情况下，制造设备简单。而且能够进行局部加热。还有容易控制火焰。

在本发明的制造方法中，将激光加热器用作加热装置的情况下，局部加热性良好，控制性高。

采用上述制造方法获得的多芯光纤 24 的外径虽然也与孔数（激发端口 22 的插入个数）相关，但通常为 $400\sim 2000\mu\text{m}$ 左右。

上述桥接光纤 27 只要能够把在多芯光纤 24 中传播的光高效率地传播到光抽运用的双包层光纤 25 中即可，例如可使用具有与多芯光纤 24 的前端面同等的外径的双包层光纤等。形成在该桥接光纤 27 上的锥形部 26 是通过加热延伸桥接光纤 27 的一端侧逐渐缩小光纤外径而形成的。锥形部 26 的端面外径优选与和其连接的双包层光纤 25 的外径相等。

多芯光纤 24 与桥接光纤 27 的连接点 29、和桥接光纤 27 与双包层光纤 25 的连接点 30，为了确保长期的机械可靠性，分别采用熔融连接法连

接。由此，在连接部不需要反射防止膜等，从而可减少制造工序数，并且可提高对大功率光的抗性。并且，可获得时间变化少且稳定的光学特性。作为在各个连接点 29、30 的熔融连接中使用的热源，列举有电弧放电、CO₂ 激光、氢氧焰等。

本实施方式的光抽运器件 20 通过多芯光纤 24 的多个激发端口 22 把激发光经由桥接光纤 27 入射到双包层光纤 25，预先激发被添加到该双包层光纤 25 的芯内的稀土类元素离子，当从信号端口 21 入射来信号光时，在双包层光纤 25 中产生光抽运，从双包层光纤 25 的未图示的另一端（出射端）侧射出被放大的光。该光抽运器件 20 可应用在光纤放大器(fiber amp)和光纤激光器等中，特别是由于能够把来自多个激发端口 22 的激发光高效率入射到光抽运用的双包层光纤 25 中，所以可提供能够进行高倍的光放大的光纤放大器和高功率光纤激光器。

本实施方式的光抽运器件 20 由于是把使用多孔毛细管 23 而集合了入射端口（信号端口 21 和多个激发端口 22）的前端部的多芯光纤 24、和光抽运用的双包层光纤 25，隔着具有锥形部 26 的桥接光纤 27 连接而成的，所以各个入射端口的立体定位变得容易，能够使入射端口在不使其变形的情况下连接，所以能够把信号光和激发光高效率耦合到光抽运用的双包层光纤 25 中。

在本实施方式中，为了容易地把入射端口（信号端口 21 和多个激发端口 22）一体化，使用多孔毛细管 23，在把作为各个端口的光纤插入多孔毛细管 23 的独立形成的细孔内之后，加热端部附近，使在多孔毛细管 23 的细孔与各个入射端口之间存在的空隙收缩进行一体化，由此形成了多芯光纤 24。这样，使多个光纤的立体定位变得容易。并且，由于采用软化点比光纤低的材料制造多孔毛细管 23，所以，在将光纤插入多孔毛细管 23 内，对两者进行加热，使其熔融一体化时，由于多孔毛细管 23 比光纤先变形，所以可防止光纤的变形，其结果，1) 通过防止光纤的非圆变形，可减少激发光损失；2) 通过防止光纤产生弯曲变形，可减少信号光/激发光的损失；3) 基于这些效果，可提高多芯光纤的成品率。

因此，通过使用该多孔毛细管 23，可提供低成本、高性能的多芯光纤。

如果采用使用这样的多孔毛细管 23 将入射端口一体化的构造，则通过

适当设定形成在多孔毛细管 23 中的细孔的个数和配置,也可以适应将来的激发端口的增加要求,而且在收缩、一体化时还能够抑制激发端口的变形。并且,由于可通过其他途径使桥接光纤 27 的结构,例如,包层外径、芯径、锥形部长度、锥形部外径、模场直径、相对折射率差等最佳化,所以也可比较容易应对激发端口 22 的增加要求等。

进一步说明使用多孔毛细管的优点。在以往技术中,可取得激发端口的配置只有激发端口光纤的最密填充构造。因此,在激发端口数为 6 个以内的情况下,可以把激发光高效率地注入包层抽运光纤。但是激发端口数如果超过 7 个,则该最密填充构造反而造成麻烦,不得不构成与 18 端口构造同等的构造。并且,如上述那样,18 端口构造不仅激发端口的变形大,也伴随着制造上的困难。

另一方面,本发明的光抽运器件 20,通过采用使用了多孔毛细管 23 的多芯光纤 24,并适当设计其多孔构造,可实现任意端口数的激发构造。图 2 举例表示使用了本发明的多孔毛细管的多芯光纤的激发端口配置构造。在图 2 中,附图标记 40A~40F 表示多芯光纤、41A~41F 表示多孔毛细管、42 表示信号端口、43 表示信号端口芯、44 表示信号端口包层、45 表示激发端口、46 表示激发端口芯、47 表示激发端口包层。另外,在图 2 的示例中,信号端口 42 使用单模光纤,激发端口 45 使用多模光纤。

图 2(a)所示的多芯光纤 40A 具有如下的激发端口配置构造:使用具有最密填充构造的 19 孔的多孔毛细管 41A,在中央孔内插入信号端口 42,在其周围的第 1 层为 6 个的第 2 层为 12 个的合计 18 个孔内插入了激发端口 45。

图 2(b)所示的多芯光纤 40B 具有如下的激发端口配置构造:使用在中央设有 1 个、在其周围稍离开地设有 8 个孔的 9 孔的多孔毛细管 41B,在中央的孔内插入信号端口 42,在其周围的 8 个孔内插入了激发端口 45。

图 2(c)所示的多芯光纤 40C 具有如下的激发端口配置构造:使用在中央设有 1 个、在其周围邻接的第 1 层设有 4 个、从中央稍微离开的第 2 层设有 4 个孔的 9 孔的多孔毛细管 41C,在中央孔内插入信号端口 42,在其周围的第 1、2 层的 8 个孔内插入了激发端口 45。

图 2(d) 所示的多芯光纤 40D 具有如下的激发端口配置构造: 使用在中央设有 1 个、在其周围邻接的第 1 层设有 3 个、在其外周的第 2 层设有 6 个孔的 10 孔的多孔毛细管 41D, 在中央的孔内插入信号端口 42, 在其周围的第 1、2 层的 9 个孔内插入了激发端口 45。

图 2(e) 所示的多芯光纤 40E 具有如下的激发端口配置构造: 使用在中央设有 1 个、在其周围邻接的第 1 层设有 6 个, 在其外周的第 2 层设有 6 个孔的 13 孔的多孔毛细管 41E, 在中央的孔内插入信号端口 42, 在其周围的第 1、2 层的 12 个孔内插入了激发端口 45。

图 2(f) 所示的多芯光纤 40F 具有如下的激发端口配置构造: 使用在中央设有 1 个、在其周围邻接的第 1 层设有 6 个孔的 7 孔的多孔毛细管 41F, 在中央的孔内插入信号端口 42, 在其周围的第 1 层的 6 个孔内插入了激发端口 45。

图 3 是举例表示其他配置构造的图, 在本例中, 具有如下的激发端口配置构造: 使用在中央设有 1 个、在其周围离开间隔地设有 1 层 9 个孔的 10 孔的多孔毛细管 41G, 在中央的孔内插入信号端口 42, 在其周围的 1 层 9 个孔内插入了激发端口 45。

实施例

[试验 1]

制造了具有图 2 和图 3 的激发端口配置构造的实施例 1~实施例 12 的多芯光纤。在表 1 中示出了其详细。

另外, 在表 1 中, Δ 表示相对纯石英玻璃的折射率的多孔毛细管材料的相对折射率差。

另外, 通过利用对多芯光纤出射端面的光学显微镜测定, 测定各个芯的非圆度, 从而得到激发光椭圆度。

另外, 测定使用本多芯光纤制造的光抽运器件的入射光量和出射光量, 根据两者之比, 得到了激发光插入损失。

另外, 在一体化工序中检测信号端口的透射光量的时间性变化, 根据

一体化前后的光量变化,得到了信号光一体化前后的损失增加。

[表 1]

实施 例	定位 部件	材料(组成)	孔 数	配 置	插入光纤 (激发)	插入光纤 (信号)	加热加 工方法	流量/时间	外径	激发光 椭圆度	激发光插入损失 →椭圆度影响	信号光一体化前后损 失增加→弯曲影响
1	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	19	图 2 (a)	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	6 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 500cc/min 氢 80cc/min 加工时间 约 1min	980 μm	最大 10%	全端口平均 0.25dB	-0.8dB
2	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	19	图 2 (a)	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	4.5 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 500cc/min 氢 80cc/min 加工时间 约 1min	940 μm	最大 11%	全端口平均 0.18dB	0.4dB
3	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	19	图 2 (a)	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	6 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 500cc/min 氢 80cc/min 加工时间 约 1min	940 μm	最大 4%	全端口平均 0.22dB	0.6dB
4	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	10	图 3	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	4.5 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 500cc/min 氢 80cc/min 加工时间 约 25 秒	740 μm	最大 6%	全端口平均 0.10dB	1.1dB
5	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	10	图 3	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.22	5 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 300cc/min 氢 40cc/min 加工时间 约 1min	680 μm	最大 2%	全端口平均 0.08dB	1.3dB
6	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	10	图 3	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	6 μm 的芯 125 μm 的包层	CO2 激 光器	加热约 2 分钟	780 μm	最大 8%	全端口平均 0.15dB	0.3dB
7	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	9	图 2 (c)	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	4.5 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 300cc/min 氢 40cc/min 加工时间 约 1min	680 μm	最大 7%	全端口平均 0.11dB	0.8dB
8	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	9	图 2 (c)	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	6 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 300cc/min 氢 40cc/min 加工时间 约 1min	630 μm	最大 4%	全端口平均 0.12dB	0.4dB
9	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	6	图 2 (f)	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.22	6 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 300cc/min 氢 40cc/min 加工时间 约 30 秒	520 μm	最大 4%	全端口平均 0.20dB	0.3dB
10	多孔毛 细管	添加氟 在光学 $\Delta-0.2\%$ 左右	10	图 3	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	4.5 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 300cc/min 氢 40cc/min 加工时间 约 30 秒	740 μm	最大 8%	全端口平均 0.24dB	0.9dB
11	多孔毛 细管	添加磷-氟 磷:在光学 $\Delta 0.2\%$ 左右 氟:在光学 $\Delta-0.3\%$ 左右	10	图 3	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	4.5 μm 的芯 125 μm 的包层	CO2 激 光器	加热约 2 分钟	740 μm	最大 7%	全端口平均 0.30dB	0.7dB
12	多孔毛 细管	添加锗-氟 锗:在光学 $\Delta 0.3\%$ 左右 氟:在光学 $\Delta-0.5\%$ 左右	19	图 2 (a)	105 μm 的芯 125 μm 的包层 NA=0.15	5 μm 的芯 125 μm 的包层	氢氧燃 烧器	氧 200cc/min 氢 15cc/min 加工时间 约 1min	1040 μm	最大 2%	全端口平均 0.33dB	0.7dB

如表 1 所示, 本发明的实施例 1~实施例 12 的多芯光纤无论是哪种激发端口配置构造, 都可抑制因光纤的弯曲等变形带来的影响, 并能够低损耗地传导信号光和激发光。

[试验 2]

根据实施例 2 的多芯光纤的制造条件, 如实施例 2 所记载的那样, 对使用了把添加氟的石英玻璃作为材料的 19 孔的多孔毛细管(添加氟的石英毛细管)的情况、和使用了纯石英玻璃制的 19 孔的纯石英毛细管的情况的光纤一体化前后的损失增加的度数分布进行了检测。图 4 的直方图表示其结果。

图 4 的结果证明, 在使用了添加氟的石英毛细管的情况下, 与使用了纯石英毛细管的情况相比, 能够大幅度减少了损失增加程度, 可实现批量制品的低损耗化或成品率的提高。

根据本发明, 可提供一种在把定位部件和光纤进行熔融一体化时光纤的变形少, 低成本且高性能的多芯光纤。

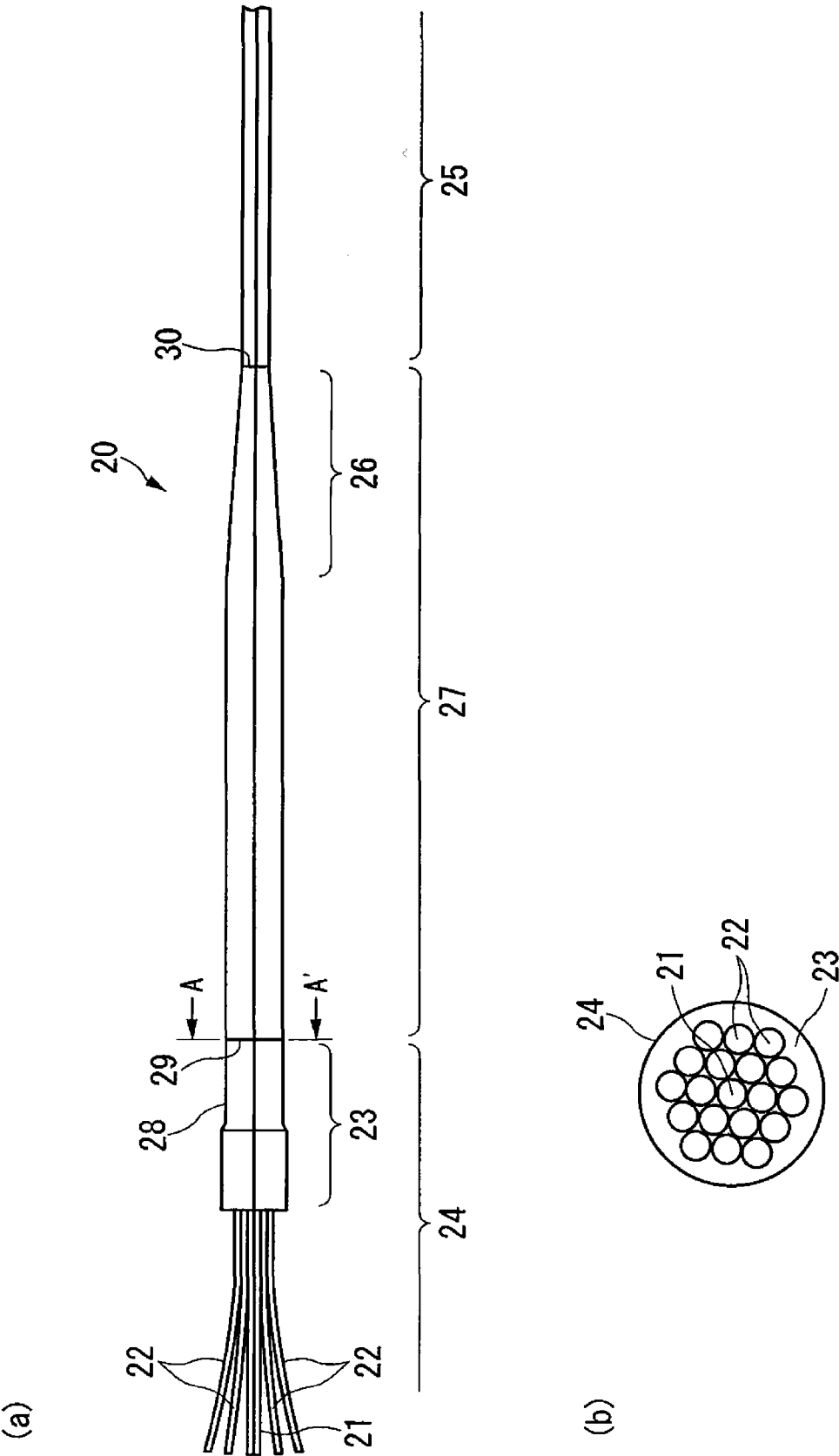


图1

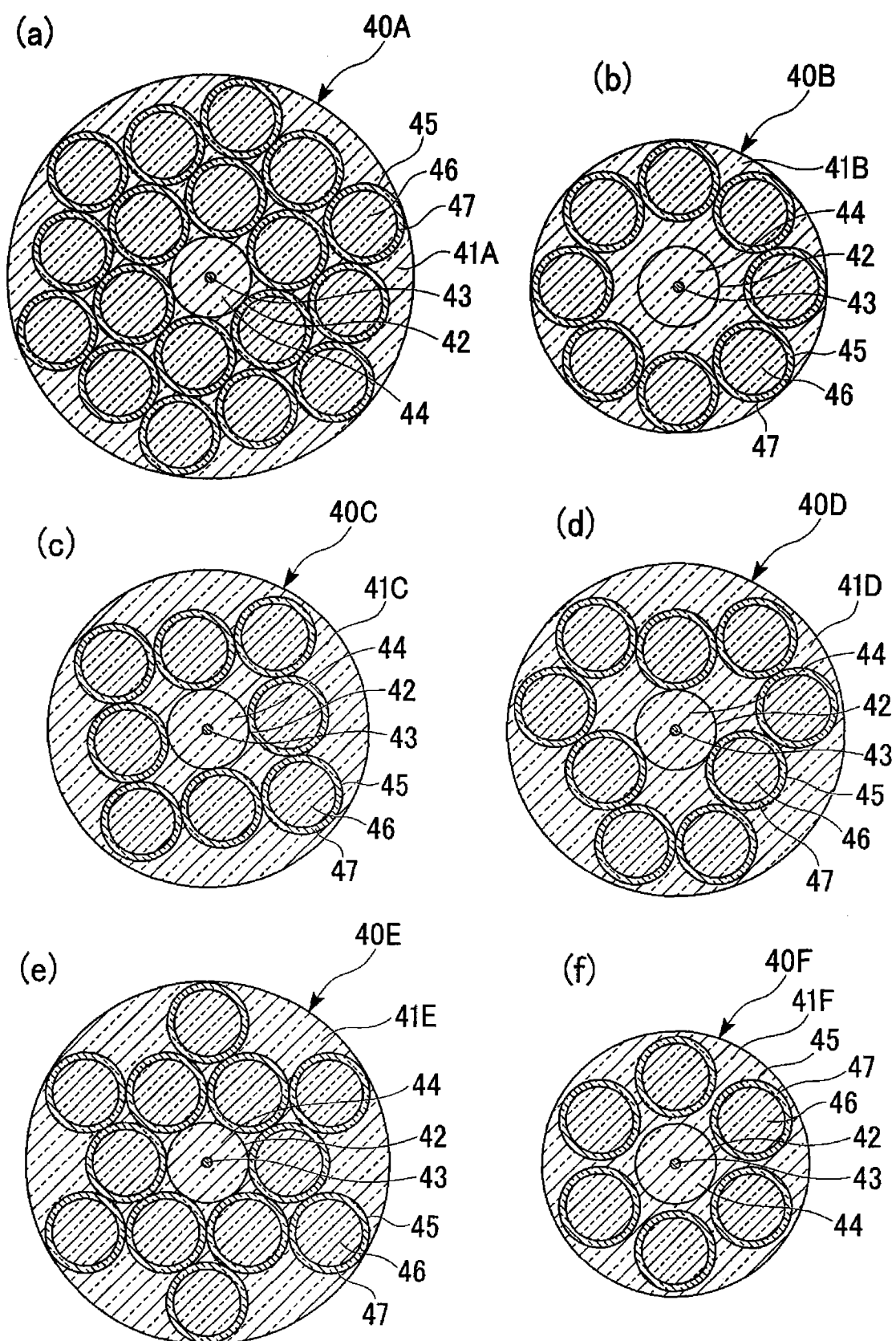


图2

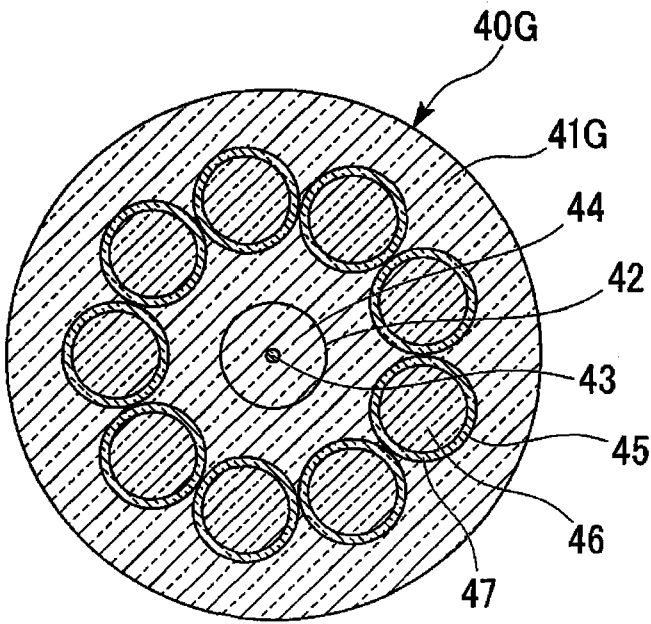


图 3

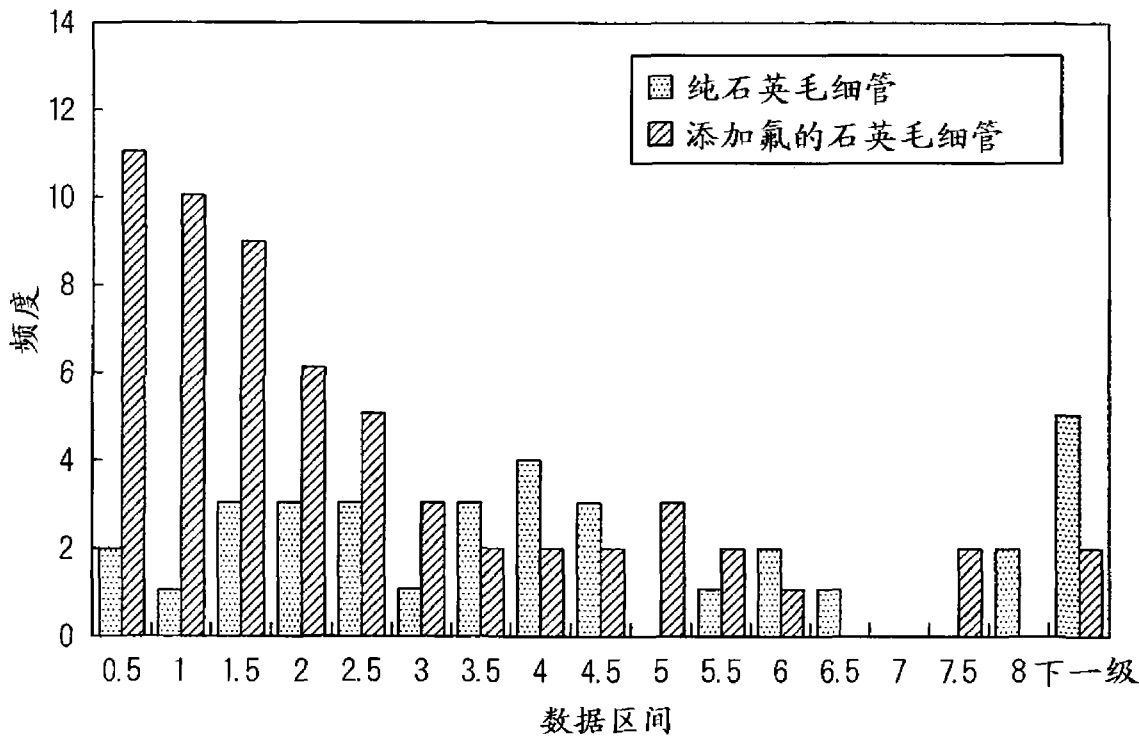


图 4