



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106461868 B

(45)授权公告日 2019.07.19

(21)申请号 201580020765.4

(22)申请日 2015.04.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106461868 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(30)优先权数据

2014-090704 2014.04.24 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.10.20

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2015/060708 2015.04.06

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2015/163124 JA 2015.10.29

(73)专利权人 国立研究开发法人情报通信研究  
机构

地址 日本东京都

(72)发明人 淡路祥成 小林哲也 高畠武敏

(74)专利代理机构 北京华夏正合知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11017

代理人 韩登营

(51)Int.Cl.

G02B 6/26(2006.01)

G02B 6/14(2006.01)

G02B 6/32(2006.01)

(56)对比文件

US 2004247243 A1,2004.12.09,

CN 102096150 A,2011.06.15,

CN 103185919 A,2013.07.03,

CN 102096150 B,2013.04.17,

JP 2013182222 A,2013.09.12,

US 2005152641 A1,2005.07.14,

Roland Ryf.Mode-Division Multiplexing

Over 96 km of Few-Mode Fiber Using

Coherent 6×6 MIMO Processing.《JOURNAL OF  
LIGHTWAVE TECHNOLOGY》.2012,

审查员 孙世宁

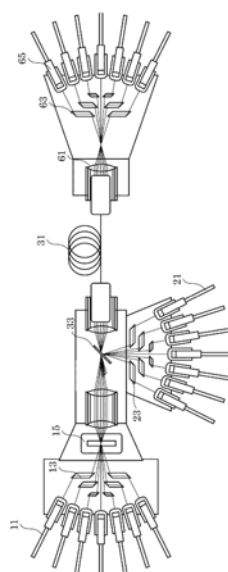
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

多芯多模光纤耦合装置

(57)摘要

本发明提供一种可以传送更多信息的多芯多模光纤耦合装置,该多芯多模光纤耦合装置具有:第1光纤群(11)、第1聚光系统(13)、第1模式转换器(15)、第2光纤群(21)、第2聚光系统(23)和多芯光纤用聚光系统(33)。第1模式转换器(15)将来自第1光纤群(11)的光统一转换模式。多芯光纤用空间耦合系统(33)将转换模式后的来自第1光纤群(11)的光和来自第2光纤群(21)的光导向多芯光纤(31)。



1. 一种多芯多模光纤耦合装置,其特征在于,  
具有:  
第1光纤群(11);  
第1聚光系统(13),其将第1光纤群(11)的射出光群聚光;  
第1模式转换器(15),其将由第1聚光系统(13)聚光后的第1光纤群(11)的射出光群的模式转换为第1模式;  
第2光纤群(21);  
第2聚光系统(23),其将第2光纤群(21)的射出光群聚光;  
多芯光纤用空间耦合系统(33),其将来自第1模式转换器(15)的射出光群和来自第2聚光系统(23)的射出光群合波并导向多芯光纤(31),  
第1模式转换器(15)将来自第1光纤群(11)的射出光群的模式转换为与来自第2光纤群(21)的射出光群的模式不同的第1模式。
2. 根据权利要求1所述的多芯多模光纤耦合装置,其特征在于,  
第1模式转换器(15)是相位板,该相位板设置在由第1聚光系统(13)使所述第1光纤群(11)的射出光群汇聚在一起的位置。
3. 根据权利要求1所述的多芯多模光纤耦合装置,其特征在于,  
还具有:  
第3光纤群(41);  
第3聚光系统(43),其将第3光纤群(41)的射出光群聚光;  
第3模式转换器(45),其将由第3聚光系统(43)聚光后的第3光纤群(41)的射出光群的模式转换为第2模式,  
所述多芯光纤用空间耦合系统(33)将来自第1模式转换器(15)的射出光群、来自第2聚光系统(23)的射出光群和来自第3模式转换器(45)的射出光群合波并导向所述多芯光纤(31),  
第3模式转换器(45)将来自第3光纤群(41)的射出光群的模式转换为与第1模式及来自第2光纤群(21)的射出光群的模式不同的第2模式。
4. 一种多芯多模光纤耦合方法,其特征在于,  
包括:  
由第1光纤群(11)射出射出光群的工序;  
由第1聚光系统(13)将第1光纤群(11)射出的所述射出光群聚光的工序;  
由第1模式转换器(15)将由第1聚光系统(13)聚光后的第1光纤群(11)所射出的射出光群的模式转换为第1模式的工序;  
由第2光纤群(21)射出射出光群的工序;  
由第2聚光系统(23)将第2光纤群(21)射出的所述射出光群聚光的工序;  
由多芯光纤用空间耦合系统(33)将来自第1模式转换器(15)的射出光群和来自第2聚光系统(23)的射出光群合波并导向多芯光纤(31)的工序,  
第1模式转换器(15)将来自第1光纤群(11)的射出光群的模式转换为与来自第2光纤群(21)的射出光群的模式不同的第1模式。

## 多芯多模光纤耦合装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种多芯多模光纤耦合装置,其通过将来自多根光纤的单模的光统一转换为高次模式,从而可以有效地将多根单模光纤和多芯多模光纤耦合,本发明还涉及一种使用该装置来耦合多根光纤和多芯多模光纤的方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,光纤的传送量极限成为了问题,为了解决这个问题,兴起了空分复用(SDM)的研究。因此,一根光纤里有多个纤芯的多芯光纤,和一个纤芯里可以传送多个传导模式的多模光纤也成为了研究对象。

[0003] 日本发明专利公开公报2013-182222号公报(下述专利文献1)中,公开有一种多芯光纤耦合装置。这种多芯光纤耦合装置是耦合多根单模光纤和多芯光纤的装置。

[0004] 在非专利文献1中,公开有一种将光纤束拉伸成锥状,使7芯的多芯光纤和单模光纤耦合的技术。该技术将多根单模光纤结成一束并拉伸,与多芯光纤熔接接合。

[0005] 【现有技术文献】

[0006] 【专利文献】

[0007] 【专利文献1】日本发明专利公开公报特开2013-182222号

[0008] 【非专利文献】

[0009] 【非专利文献1】B.Zhu, et.al “Space-, Wavelength-, Polarization-Division Multiplexed Transmission of 56-Tb/s over a 76.8-km Seven-Core Fiber,” in Optical Fiber Communication Conference, OSA Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2011), paper PDPB7.

### 发明内容

[0010] 如上所述,光纤的传送量极限成为了问题。因此,希望能够开发出可以传送更多信息的多芯多模光纤耦合装置,和提出使用该装置的多芯多模光纤耦合方法。

[0011] 本发明基本上基于这样的见解,即,通过使用光耦合器(模式复用器)将从多个多芯耦合器射出的光模式复用,能够实现多芯多模光纤耦合。

[0012] 本发明涉及一种多芯多模光纤耦合装置。该装置具有第1光纤群11、第1聚光系统13、第1模式转换器15、第2光纤群21、第2聚光系统23和多芯光纤用空间耦合系统33。第1模式转换器15将来自第1光纤群11的光统一转换模式。多芯光纤用空间耦合系统33将转换模式后的来自第1光纤群11的光和来自第2光纤群21的光合波并向多芯光纤31引导。

[0013] 第1聚光系统13是将第1光纤群11的射出光群聚光的光学系统。第1模式转换器15是将在第1聚光系统13被聚光后的第1光纤群11的射出光群的模式转换为第1模式的光学仪器。第2聚光系统23是将第2光纤群21的射出光群聚光的光学系统。

[0014] 多芯光纤用空间耦合系统33是将第1模式转换器15的射出光群和第2聚光系统23的射出光群合波,并导向多芯光纤31的光学系统。

[0015] 在第1模式为基模的情况下,可以通过使由第1聚光系统13聚光后的光群通过第1模式转换器15,来将其模式转换为高次模式,其中,第1模式转换器15相应于光纤内的传导模式来使空间光的光强分布为,空间光中相邻光强的相位差为 $\pi$  ( $180^\circ$ )。本发明的多芯多模光纤耦合装置使第1光纤群11的多个射出光,在第1模式转换器15处集中成光束,统一转换模式。第1模式转换器15优选是相位板 (phase plate),该相位板设置在与由第1聚光系统13聚光后的来自第1光纤群11的射出光群一致的位置。该位置如后所述,是实现最优模式转换效率的位置。

[0016] 该多芯多模光纤耦合装置的优选例为还具有第3光纤群41、第3聚光系统43和第3模式转换器45。第3聚光系统43是将第3光纤群41的射出光群聚光的光学系统。第3模式转换器45是将由第3聚光系统43聚光后的第3光纤群41的射出光群的模式转换为第2模式的光学仪器。

[0017] 在该示例的情况下,多芯光纤用空间耦合系统33将第1模式转换器15的射出光群、第2聚光系统23的射出光群和第3模式转换器45的射出光群导向所述多芯光纤31。

[0018] 本发明还提供一种使用所述多芯多模光纤耦合装置的多芯多模光纤耦合方法。该方法包含以下工序。

[0019] 从第1光纤群11射出射出光群。来自第1光纤群11的所述射出光群被第1聚光系统13聚光。被第1聚光系统13光后的来自第1光纤群11的射出光群由第1模式转换器15进行模式转换成为第1模式。

[0020] 从第2光纤群21射出射出光群。来自第2光纤群21的所述射出光群被第2聚光系统23聚光。来自第1模式转换器15的射出光群和来自第2聚光系统23的射出光群由多芯光纤用空间耦合系统33导向多芯光纤31。

[0021] 发明的效果

[0022] 采用本发明,能够由多个多芯耦合器和光耦合器 (模式复用器) 构成多芯多模光纤耦合装置,因此可以由少量的部件实现多芯多模光纤耦合。

## 附图说明

[0023] 图1是表示多芯多模光纤耦合装置的基本结构示例的框图。

[0024] 图2是说明模式转换器的示例的示图。

[0025] 图3是表示多芯多模光纤耦合装置的优选例的框图。

## 具体实施方式

[0026] 以下,使用附图对本发明的实施方式进行说明。本发明并不限于以下说明的实施方式,还包括本领域技术人员从以下的实施方式出发,在显而易见的范围内所做出的适宜修改。

[0027] 本发明涉及一种多芯多模光纤耦合装置。多芯多模光纤耦合装置是将来自多个光源的光与多芯多模光纤耦合的装置。即,其是将含有多个高次模式的多模化的光引导至多芯光纤的各个纤芯的装置,其中,多芯光纤指一根光纤中具有多个纤芯的光纤。不需要将多芯光纤含有的全部纤芯用于光信息通信,例如可以将中心纤芯或周围纤芯的任意一个用来检波,适宜地进行反馈。

[0028] 图1是表示本发明的多芯多模光纤耦合装置的基本结构的示例的框图。如图1所示,该装置具有第1光纤群11、第1聚光系统13、第1模式转换器15、第2光纤群21、第2聚光系统23、多芯光纤用空间耦合系统33。

[0029] 第1光纤群11是设置于在空间上隔开间隔的位置上的两个以上光纤组成的群体。构成第1光纤群的光纤的示例是单模光纤。

[0030] 第1聚光系统13是将第1光纤群11的射出光群聚光的光学系统。第1聚光系统13的示例是将来自第1光纤群11的多个射出光导向第1模式转换器15(例如相位板)的棱镜或反射镜。当第1聚光系统13是反射镜的情况下,调整光路,使来自在空间上隔开间隔的多根光纤的光到达波片的规定位置。如此,来自第1光纤群11的多个的光,被第1聚光系统13导向第1模式转换器15的规定位置。但是,在构成为不用第1聚光系统13也能导向第1模式转换器15的规定位置的情况下,也不是必须使用第1聚光系统13。

[0031] 第1模式转换器15是将由第1聚光系统13聚光后的第1光纤群11的射出光群的模式转换为第1模式的光学仪器。第1模式转换器15的示例是相位板。第1模式转换器15优选是设置在规定位置的相位板,该规定位置为:由第1聚光系统13使第1光纤群11的射出光群汇聚在一起的位置。在第1模式转换器15中,第1光纤群11的射出光群所包含的光被统一转换模式,因此可以容易地达成多芯多模光纤耦合。

[0032] 模式转换器例如像日本发明专利公开公报2009-047784号公报,和日本发明专利公开公报2010-122688号公报所公开的那样,是周知的结构。模式转换器可以将基模的光转换为高次模式的光。第1光纤输出的通常是基模( $TEM_{00}$ )。该基模的光在第1模式转换器15被转换为适宜的模式。模式转换后的模式的示例,是1次模式( $TEM_{01}$ 或 $TEM_{10}$ )。也可以使用这些之外的模式(例如 $TEM_{11}$ 或 $TEM_{02}$ )。另一方面,例如,优选到达多芯多模光纤的来自第1模式转换器15的输出光群,与其他光群的模式不同。

[0033] 例如,在3种光群输入多芯多模光纤的情况下,优选采用基模(例如,不转换单模光纤输出的光的模式的情况)和 $TEM_{01}$ 以及 $TEM_{10}$ 这3种模式。关于模式,只要是满足在导入多芯多模光纤时,在接收器一侧的多芯多模光纤中能够使用周知的机构进行分离的条件,哪种模式都可以采用。

[0034] 该多芯多模光纤耦合装置的优选例,是通过第1聚光系统13使光束汇聚到第1模式转换器15的规定位置的装置。图2是说明模式转换器的示例的示图。如图2所示,为了相应于光纤内的传导模式来使空间光中相邻光强的相位差为 $\pi$ ( $180^\circ$ ),相位板16构成为,相应于光纤内的传导模式来针对空间光中相邻光强分布而配置具有特定折射率的透明介质,提供与该波长中的相位差相当的物理的光程差。在本图中厚度薄的部分17和厚度厚的部分18的光程长度不同,因此,以分别均匀照射到这两部分的方式配置的光19被进行模式转换。模式转换器的结构并不限于上面所述。但是,使用这种方法,由光学系统调整来自单模光纤的基模的光的前进方向,可以容易地将这些多个基模的光统一转换模式。

[0035] 通常的多芯光纤在以中心纤芯为对称轴对称的位置上具有多个纤芯。而且,通常相位板的厚度薄的部分17和厚度厚的部分18存在直线状的分界。本发明先将来自光纤的光汇聚至该分界处,之后导向多芯光纤中的各个纤芯。

[0036] 第2聚光系统23是将第2光纤群21的射出光群聚光的光学系统。在该示例中,不是必须具有对在第2聚光系统23被聚光后的第2光纤群21的射出光群的模式进行模式转换的

第2模式转换器。这是因为多芯多模光纤中也可以包含基模的光信号。另一方面,也可以由第2模式转换器对在第2聚光系统23被聚光后的第2光纤群21的射出光群的模式进行转换。

[0037] 多芯光纤用空间耦合系统33是将第1模式转换器15的射出光群和第2聚光系统23的射出光群导向多芯光纤31的光学系统。多芯光纤用空间耦合系统33将第1模式转换器15的射出光群和第2聚光系统23的射出光群所包含的多个光,分别导向多芯多模光纤的多个纤芯中所对应的纤芯。这种光学系统的示例为日本发明专利公开公报2013-182222号公报所公开的多芯光纤耦合装置中的光学系统。

[0038] 多芯光纤用空间耦合系统33的示例如图1所示,包含:第1中继透镜(relay lens),其被射入第1模式转换器15的射出光群;分束器(beam splitter),其将来自第1中继透镜的光和第2聚光系统23的射出光群导向多芯多模光纤。分束器的输出经过多模光纤耦合镜向多模光纤传播,光群的各个光向各自的目的纤芯传播。中继透镜是将在前方的光学系统处结成的像进一步向后方传导的透镜以及透镜系统。通过中继透镜使由相位板从多光束转换成的规定的高次模式和光纤中的同次的模式之间大小的不一致最优化,从而能够得到最大的耦合效率。

[0039] 如此,通过在第1模式转换器15,将第1光纤群11的射出光群所包含的光统一转换模式,可以容易地达成多芯多模光纤耦合。

[0040] 由多芯多模光纤31射出的光,由多芯光纤耦合镜(多芯光纤分离镜)61分离,再由光学系统63传导向多根光纤65。

[0041] 本发明还提供一种使用所述多芯多模光纤耦合装置的多芯多模光纤耦合方法。该方法包含以下工序。

[0042] 从第1光纤群11射出射出光群。来自第1光纤群11的所述射出光群被第1聚光系统13聚光。被第1聚光系统13聚光后的第1光纤群11的射出光群由第1模式转换器15进行模式转换成为第1模式。

[0043] 从第2光纤群21射出射出光群。来自第2光纤群21的所述射出光群被第2聚光系统23聚光。来自第1模式转换器15的射出光群和来自第2聚光系统23的射出光群由多芯光纤用空间耦合系统33导向多芯光纤31。

[0044] 图3是表示多芯多模光纤耦合装置的优选例的框图。图3的示例,是除之前例举的多芯多模光纤耦合装置的结构之外,还具有第3光纤群41、第3聚光系统43、第3模式转换器45。由同样的原理,可以将更多模式的光群导向多芯多模光纤。第3聚光系统43是将第3光纤群41的射出光群聚光的光学系统。第3模式转换器45是将在第3聚光系统43被聚光后的第3光纤群41的射出光群的模式转换为第2模式的光学仪器。第3光纤群41、第3聚光系统43和第3模式转换器45,分别与第1光纤群11、第1聚光系统13和第1模式转换器15具有相同的结构。

[0045] 在该示例的情况下,多芯光纤用空间耦合系统33将来自第1模式转换器15的射出光群、来自第2聚光系统23的射出光群和来自第3模式转换器45的射出光群导向所述多芯光纤31。

[0046] 本发明还提供一种使用所述多芯多模光纤耦合装置的多芯多模光纤耦合方法。该方法包含以下工序。

[0047] 从第1光纤群11射出射出光群。来自第1光纤群11的所述射出光群被第1聚光系统13聚光。在第1聚光系统13被聚光后的第1光纤群11的射出光群由第1模式转换器15进行模

式转换成为第1模式。

[0048] 从第2光纤群21射出射出光群。来自第2光纤群21的射出光群被第2聚光系统23聚光。

[0049] 从第3光纤群41射出射出光群。来自第3光纤群41的射出光群被第3聚光系统43聚光。在第3聚光系统43被聚光后的第3光纤群41的射出光群由第3模式转换器45进行模式转换成为第2模式(在第2光纤群的光的模式被转换成为第2模式的情况下,被转换成为第3模式)。来自第1模式转换器15的射出光群、来自第2聚光系统23的射出光群和来自第3模式转换器45的射出光群,由多芯光纤用空间耦合系统33导向多芯光纤31。

[0050] 本发明可以应用在空分复用和使用多芯多模光纤进行光纤通信的领域。

[0051] 附图标记说明

[0052] 11:第1光纤群;13:第1聚光系统;15:第1模式转换器;21:第2光纤群;23:第2聚光系统;31:多芯光纤;33:多芯光纤用空间耦合器;41:第3光纤群;43:第3聚光系统;45:第3模式转换器;61:多芯光纤耦合镜;63:光学系统;65:光纤。

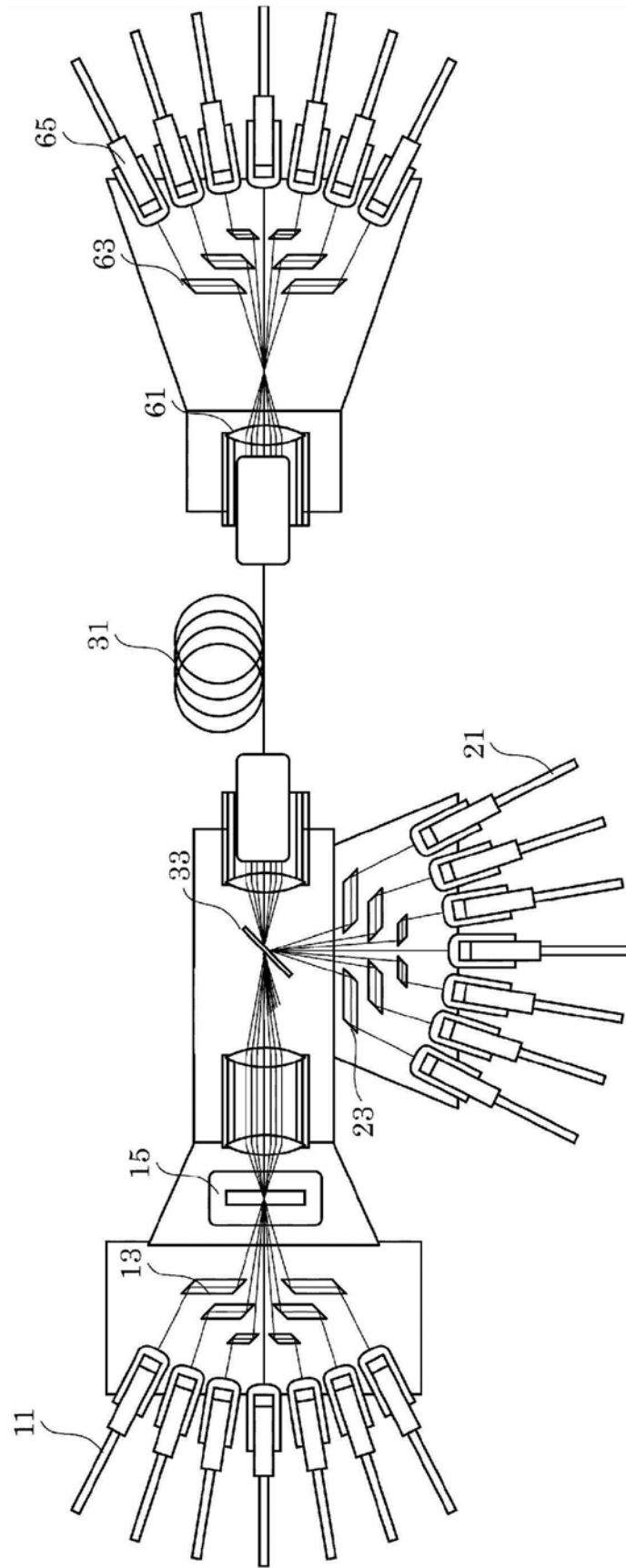


图1



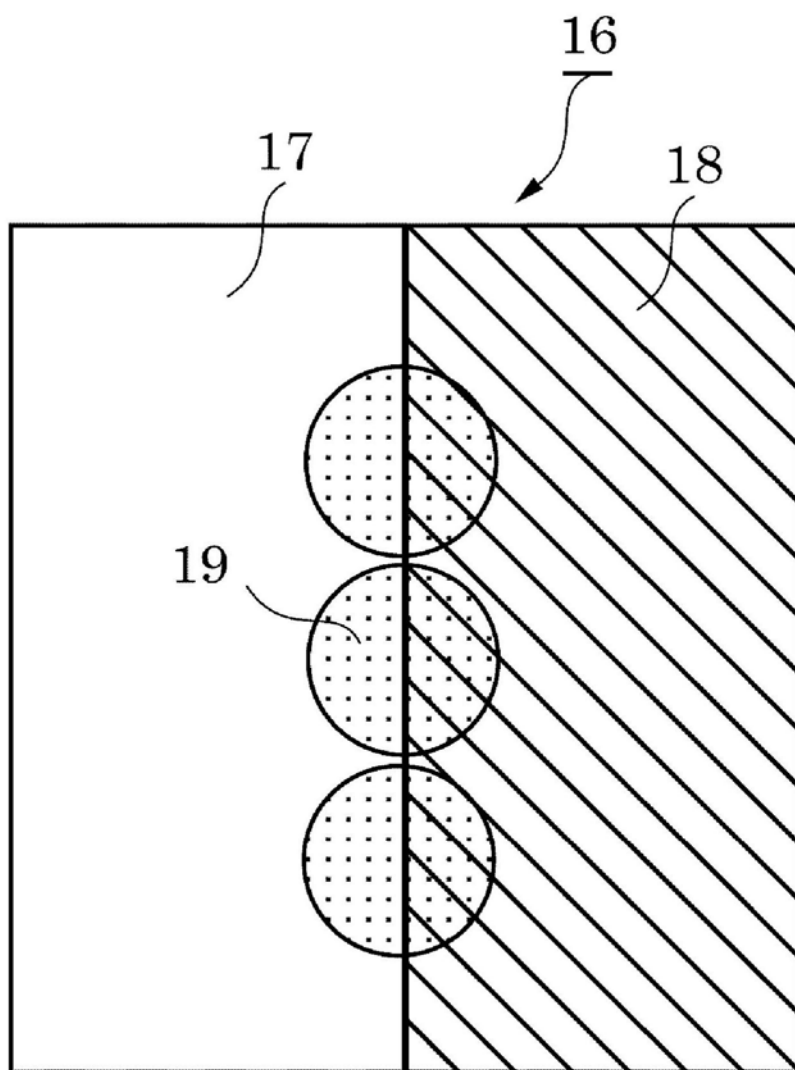


图2

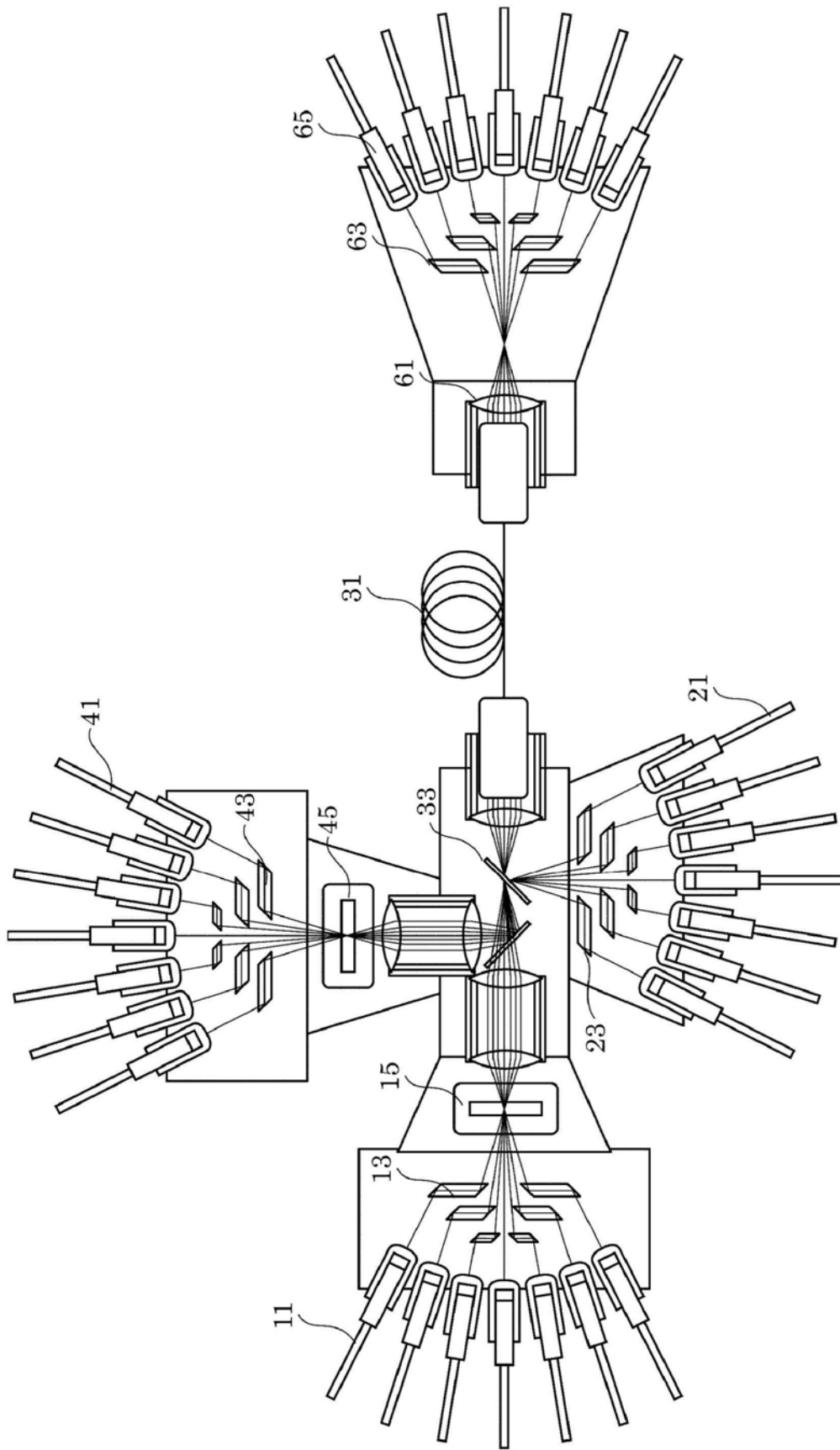


图3