



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105408794 B

(45)授权公告日 2017.03.15

(21)申请号 201480042718.5

(22)申请日 2014.07.17

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105408794 A

(43)申请公布日 2016.03.16

(30)优先权数据  
2013-159333 2013.07.31 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.01.28

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2014/069047 2014.07.17

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/016078 JA 2015.02.05

(73)专利权人 株式会社藤仓

地址 日本东京都

(72)发明人 阪本真一

(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 苏琳琳

(51)Int.Cl.  
G02B 6/42(2006.01)  
H01S 5/022(2006.01)

审查员 陶宇

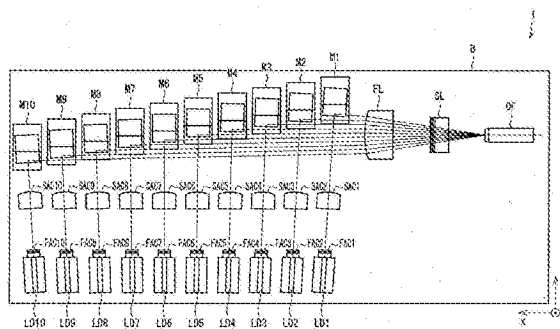
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54)发明名称

LD模块

(57)摘要

本发明的LD模块中,多个半导体激光二极管(LD1~LD10)以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓扩张的方式使多个激光束朝向多个反射镜(M1~M10)出射,多个反射镜(M1~M10)以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓变窄的方式,使多个激光束朝向快轴汇聚透镜(FL)反射。



1. 一种LD模块,其特征在于,具备:

多个激光二极管,它们形成激光二极管列;

多个快轴准直透镜,它们配置在从所述多个激光二极管射出的多个激光束的各自的光路上;

多个反射镜,它们将从所述多个激光二极管出射的所述多个激光束分别向该激光束的慢轴方向反射;以及

快轴汇聚透镜,其将由所述多个反射镜反射的所述多个激光束以该多个激光束交叉的方式汇聚,

所述多个激光二极管以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓扩张的方式将所述多个激光束朝向所述多个反射镜出射,

所述多个反射镜以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓变窄的方式将所述多个激光束朝向所述快轴汇聚透镜反射,

所述多个反射镜各自具备将朝该反射镜入射的激光束向快轴方向反射的第一反射镜、和将从所述第一反射镜反射的激光束向慢轴方向反射的第二反射镜而构成,

所述多个激光束各自,朝该激光束所对应的所述第一反射镜入射时的该激光束的快轴、与从该激光束所对应的所述第二反射镜出射时的该激光束的慢轴相互平行。

2. 根据权利要求1所述的LD模块,其特征在于,

所述多个反射镜各自构成为,入射至该反射镜的激光束与从该反射镜出射的激光束,从与双方的激光束垂直的方向观察时呈直角。

3. 根据权利要求2所述的LD模块,其特征在于,

所述第一反射镜具有与入射至该反射镜的激光束的慢轴平行且相对于所述激光束的光轴呈 $45^\circ$ 的角度的第一反射面,

所述第二反射镜具有与由所述第一反射面反射的激光束的快轴平行且相对于所述激光束的光轴呈 $45^\circ$ 的角度的第二反射面。

4. 根据权利要求1所述的LD模块,其特征在于,

所述多个激光二极管以随着配置于所述激光二极管列的更靠外侧而激光束的出射方向更靠外侧的方式设定各自的出射方向。

5. 根据权利要求2所述的LD模块,其特征在于,

所述多个激光二极管以随着配置于所述激光二极管列的更靠外侧而激光束的出射方向更靠外侧的方式设定各自的出射方向。

6. 根据权利要求3所述的LD模块,其特征在于,

所述多个激光二极管以随着配置于所述激光二极管列的更靠外侧而激光束的出射方向更靠外侧的方式设定各自的出射方向。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的LD模块,其特征在于,

所述多个快轴准直透镜各自设定为,以对对应的激光束的快轴方向的射束发散进行准直的位置为基准在该激光束的传播方向上偏移,该偏移的量使该激光束的快轴方向的射束径在由所述快轴汇聚透镜汇聚的多个激光束的交叉点上最小化。

8. 根据权利要求1~6中任一项所述的LD模块,其特征在于,

所述第二反射镜的下表面以及所述第一反射镜的上表面相互粘合,

所述第二反射镜的下表面以及所述第一反射镜的上表面分别与从所述多个反射镜出射的所述多个激光束的快轴平行。

9. 根据权利要求7所述的LD模块, 其特征在于,

所述第二反射镜的下表面以及所述第一反射镜的上表面相互粘合,

所述第二反射镜的下表面以及所述第一反射镜的上表面分别与从所述多个反射镜出射的所述多个激光束的快轴平行。

## LD模块

### 技术领域

[0001] 本发明涉及对多个激光束进行出射以及光束组合的LD模块。

### 背景技术

[0002] 以往,广泛使用通过将从多个激光二极管出射的多个激光束与光纤耦合,能够使激光束高输出化以及高亮度化的LD模块。例如,下述专利文献1公开有,通过棱镜使相互平行的多个激光束反射,由此变换了传播方向后,通过汇聚透镜汇聚,入射至光纤的微型光学装置。

[0003] 专利文献1:日本国公开专利公报“日本特开2004-252428号公报(公开日:2004年9月9日)”。

[0004] 为了实现LD模块的小型化,通过使快轴汇聚透镜的曲率半径变小,来缩短快轴汇聚透镜的焦距即可。由此,能够使光纤的入射端面靠近快轴汇聚透镜。然而,若缩小快轴汇聚透镜的曲率半径,则透过了快轴汇聚透镜的激光束朝光纤的入射角变大。其结果,产生激光束的耦合效率降低的问题。这是因为透过了快轴汇聚透镜的激光束中的入射角超过光纤的受光角的激光束无法被封闭在光纤的内芯,会成为损失。

### 发明内容

[0005] 本发明是鉴于这样的问题而完成的,其目的在于实现LD模块的小型化,而不降低激光束的耦合效率。

[0006] 为了解决上述课题,本发明的LD模块的特征在于,具备:多个激光二极管,它们形成激光二极管列;多个反射镜,它们将从上述多个激光二极管出射的多个激光束分别向该激光束的慢轴方向反射;以及汇聚透镜,其将由上述多个反射镜反射的上述多个激光束汇聚,上述多个激光二极管以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓扩张的方式将上述多个激光束朝上述多个反射镜出射,上述多个反射镜以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓变窄的方式将上述多个激光束朝上述汇聚透镜反射,上述多个反射镜各自具备将朝该反射镜入射的激光束向快轴方向反射的第一反射镜、和将从上述第一反射镜反射的激光束向慢轴方向反射的第二反射镜而构成,对于上述多个激光束各自,朝该激光束所对应的上述第一反射镜入射时的该激光束的快轴、与从该激光束所对应的上述第二反射镜出射时的该激光束的慢轴相互平行。

[0007] 根据上述LD模块,由于对于多个激光束各自,使入射至第一反射镜的该激光束的快轴、与从第二反射镜出射的该激光束的慢轴相互平行,因此在该激光束不会产生后述的扭曲,能够使该激光束从第二反射镜出射。即,根据上述LD模块,从多个反射镜出射的多个激光束均不会扭曲,相互以慢轴平行的状态排列。因此,根据上述LD模块,能够防止激光束彼此干涉、或者被激光束的一部分邻接的反射镜遮挡导致的一部分激光束未汇聚等的不良情况,并且能够以使多个激光束的间隔变密的方式密集地配置多个反射镜。因此,根据上述LD模块,能够在抑制激光束的耦合效率降低的同时实现LD模块的小型化。

[0008] 例如,在采用上述结构以外的结构(即,入射至第一反射镜的激光束的快轴与从第二反射镜出射的激光束的慢轴相互不平行的结构)的情况下,产生激光束的扭曲,由此从第二反射镜出射的激光束的射束宽度成为(入射至第一反射镜的快轴方向的射束宽度 $\times \sin\theta$ ( $\theta$ 是基于第二反射镜的出射方向的修正角度))。该情况下,若使多个激光束的间隔变密,则存在上述的不良产生的担忧。因此,通过采用上述结构(即,由入射至第一反射镜的激光束的快轴、与从第二反射镜出射的激光束的慢轴成为相互平行的结构),不会产生激光束的扭曲,因此能够使从第二反射镜出射的激光束的射束宽度与入射至第一反射镜的快轴方向的射束宽度大致相同。因此,即使在使多个激光束的间隔变密的情况下,也没有产生上述的不良的担忧。

[0009] 另外,根据上述LD模块,采用使多个激光束稍微汇聚朝汇聚透镜传播的结构,因此即使缩小快轴汇聚透镜的曲率半径,与使多个激光束以相互平行的状态朝汇聚透镜传播的结构相比,也能够使多个激光束的焦点形成于靠近汇聚透镜的位置。因此,根据上述LD模块,即使缩小快轴汇聚透镜的曲率半径,也能够使光纤的入射端面成为更靠近汇聚透镜的位置。因此,能够实现LD模块的小型化,而不降低激光束的耦合效率。

[0010] 根据本发明,能够实现LD模块的小型化,而不降低激光束的耦合效率。

## 附图说明

[0011] 图1是表示本实施方式的LD模块的结构的俯视图。

[0012] 图2是表示本实施方式的LD模块所具备的单位光学系统的结构的立体图。

[0013] 图3是表示本实施方式的LD模块所具备的反射镜的结构的立体图。

[0014] 图4是表示本实施方式的LD模块的半导体激光二极管的各个出射方向的俯视图。

[0015] 图5是表示快轴汇聚透镜FL的曲率半径与射束入射至光纤OF的入射端面时的耦合效率的关系的图。

[0016] 图6是表示光纤位置与射束入射至光纤OF的入射端面时的耦合效率的关系的图。

[0017] 图7示出本实施方式的实施例的LD模块的简要结构。

[0018] 图8示出本实施方式的比较例的LD模块的简要结构。

## 具体实施方式

[0019] 以下,参照附图,对本发明的一实施方式的LD模块进行说明。

[0020] (LD模块的结构)

[0021] 首先,参照图1,对本实施方式的LD模块1的结构进行说明。图1是表示本实施方式的LD模块1的结构的俯视图。图1所示的LD模块1从多个半导体激光二极管出射多个激光束,以更高耦合效率将该多个激光束与光纤耦合。特别是,图1中例示出将10条激光束与光纤耦合的结构。

[0022] 因此,如图1所示,LD模块1具备半导体激光二极管LD1~LD10、快轴准直透镜FAC1~FAC10、慢轴准直透镜SAC1~SAC10、反射镜M1~M10、快轴汇聚透镜FL、以及慢轴聚光透镜SL而构成。

[0023] (半导体激光二极管)

[0024] 半导体激光二极管LD1~LD10在分别独立的芯片上形成。半导体激光二极管LD1~

LD10在子台架B的表面上,沿着图中x轴方向,以大体等间隔并列的状态配置。即,半导体激光二极管LD1~LD10在子台架B的表面上,呈半导体激光二极管列。

[0025] 半导体激光二极管LD1~LD10分别以活性层与xz平面平行的方式并且以出射端面朝向大体z轴正方向的方式配置在子台架B的表面上。由此,从半导体激光二极管LD1~LD10出射的多个激光束分别在子台架B的表面上空间,相对于xz平面平行,并且朝向大体z轴正方向传播。特别是,如图1所示,半导体激光二极管LD1~LD10沿着x轴并列,因此上述多个激光束在形成大体等间隔并且相互平行的激光束列的状态下,沿着z轴正方向传播。上述中,将激光束的传播方向作为“大体z轴正方向”是由于如后述那样,使各半导体激光二极管的出射方向相对于z轴正方向稍微向x轴方向(慢轴方向)倾斜。

[0026] (单位光学系统的结构)

[0027] LD模块1具备针对每个激光束的多个单位光学系统。即,在图1所示例中,与出射10条激光束的结构对应地,LD模块1具备10个单位光学系统。各单位光学系统 $S_i$ ( $i=1\sim 10$ 的整数)具备半导体激光二极管 $LD_i$ ( $i=1\sim 10$ 的整数)、快轴准直透镜 $FAC_i$ ( $i=1\sim 10$ 的整数)、慢轴准直透镜 $SAC_i$ ( $i=1\sim 10$ 的整数)、以及反射镜 $M_i$ ( $i=1\sim 10$ 的整数)而构成。以下,参照图2,说明各单位光学系统的具体的结构。

[0028] 图2是表示本实施方式的LD模块1所具备的单位光学系统的结构的立体图。图2中,针对LD模块1所具备的多个单位光学系统中的一个示出其结构,上述多个单位光学系统均具有与图2所示的单位光学系统 $S_i$ 相同的结构。

[0029] 如图2所示,在单位光学系统 $S_i$ 中,在从半导体激光二极管 $LD_i$ 出射的激光束的光路上,按顺序以直线状并列配置有快轴准直透镜 $FAC_i$ 、慢轴准直透镜 $SAC_i$ 以及反射镜 $M_i$ 。构成单位光学系统 $S_i$ 的各部件均直接或者经由未图示的台架设置在子台架B的表面上。

[0030] 快轴准直透镜 $FAC_i$ 用于对从半导体激光二极管 $LD_i$ 出射的激光束的快轴方向的发散进行准直。慢轴准直透镜 $SAC_i$ 用于对从半导体激光二极管 $LD_i$ 出射的激光束的慢轴方向的发散进行准直。透过了快轴准直透镜 $FAC_i$ 以及慢轴准直透镜 $SAC_i$ 的激光束成为传播方向向z轴正方向收敛的准直光束,朝反射镜 $M_i$ 传播。此外,在从半导体激光二极管 $LD_i$ 出射的激光束的慢轴方向的发散足够小的情况下,也可以省略慢轴准直透镜 $SAC_i$ 。

[0031] 反射镜 $M_i$ 是用于为了将从半导体激光二极管 $LD_i$ 出射的激光束朝快轴汇聚透镜FL引导而将上述激光束的传播方向从大体z轴正方向转换为大体x轴负方向的部件。反射镜 $M_i$ 能够使用以往可知的各种反射镜。在本实施方式中,作为反射镜 $M_i$ ,使用具备将上述激光束的传播方向从z轴正方向朝y轴正方向转换的第一反射镜(所谓的“上跳反射镜”)、和将上述激光束的传播方向从y轴正方向朝x轴负方向转换的第二反射镜(所谓的“折回反射镜”)而构成的部件。

[0032] 此处,如图1所示,反射镜 $M_1\sim M_{10}$ 的z轴向的位置相互不同,以便使从反射镜 $M_1\sim M_{10}$ 出射的多个激光束相互不重合。

[0033] 特别是,反射镜 $M_1\sim M_{10}$ 的z轴向的位置随着从快轴汇聚透镜FL分离(即,按反射镜 $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{10}$ 顺序),依次各自以规定量向靠近半导体激光二极管的方向(z轴负方向)偏移。这是由于,如图1所示,在朝反射镜 $M_1\sim M_{10}$ 传播的多个激光束中,越靠近快轴汇聚透镜FL的激光束,更向快轴汇聚透镜FL侧倾斜。因为为了通过反射镜将更向快轴汇聚透镜FL侧倾斜的激光束反射,并传播至快轴汇聚透镜FL,需要使从半导体激光二极管至反射镜的距

离比其他激光束更长。

[0034] 此外,上述偏移量比入射至多个反射镜M1~M10的多个激光束的间隔小。由此,从半导体激光二极管LD1~LD10出射的多个激光束在由于反射镜M1~M10而使其间隔更窄的状态下,朝向快轴汇聚透镜FL传播。

[0035] (反射镜的结构)

[0036] 接下来,参照图3,对本实施方式的LD模块1所具备的反射镜Mi的结构进行说明。图3是表示本实施方式的LD模块1所具备的反射镜Mi的结构的立体图。图3中针对LD模块1所具备的反射镜M1~M10中的一个,示出其结构,反射镜M1~M10均具有与图3所示的反射镜Mi相同的结构。

[0037] 如图3所示,反射镜Mi具备第一反射镜Mi1、和第二反射镜Mi2而构成。反射镜Mi具有第一反射镜Mi1与第二反射镜Mi2层叠的构造,以便使第一反射镜Mi1的上表面B1与第二反射镜Mi2的下表面A2相互重合。第一反射镜Mi1以使其下表面A1相对于xz平面平行的方式,相对于子台架B的表面上直接或者间接地设置。此外,第一反射镜Mi1的上表面B1以及第二反射镜Mi2的下表面A2是与下表面A1平行的面。另外,第一反射镜Mi1与第二反射镜Mi2也可以相互独立化,也可以相互一体化。

[0038] 第一反射镜Mi1具有第一反射面S1。第一反射面S1将从半导体激光二极管LDi出射的激光束的传播方向从z轴正方向朝y轴正方向转换。因此,第一反射面S1是与上述激光束的慢轴大体平行的面,并构成为相对于上述激光束的光轴呈45°的角度(即,相对于下表面A1呈45°的角度)。

[0039] 反射镜Mi优选在相对于上述激光束的方向能够调整的情况下,以上述第一反射面S1成为与上述激光束的慢轴大体平行的面的方式对其方向进行调整。由此,反射镜Mi相对于上述激光束,不会产生不希望的旋转、或者产生朝不希望的方向的反射,能够将上述激光束朝规定的方向反射。

[0040] 第二反射镜Mi2具有第二反射面S2。第二反射面S2将由第一反射镜Mi1反射的激光束的传播方向从y轴正方向朝x轴负方向转换。因此,第二反射面S2是与由上述第一反射面反射的激光束的快轴大体平行的面,并构成为相对于上述激光束的光轴呈45°的角度。

[0041] 反射镜Mi在如上述那样通过组合了两个反射面的比较简单的结构,以预先决定的入射角使激光束入射的方式设定相对于激光束的方向的情况下(上述第一反射面S1成为与激光束的慢轴平行的面的情况下),入射至该反射镜的激光束与从该反射镜出射的激光束能够从y轴正方向观察呈直角的方式反射激光束。

[0042] 特别是,在本实施方式的LD模块1中,反射镜Mi的第一反射面S1与激光束的慢轴大体平行,因此同第一反射面S1与激光束的慢轴未大体平行的结构相比,难以产生激光束的不希望的旋转、或者朝不希望的方向的反射等之类的不良情况。

[0043] 同样,在本实施方式的LD模块1中,反射镜Mi的第二反射面S2与激光束的快轴大体平行,因此同第二反射面S2与激光束的快轴未大体平行的结构相比,难以产生激光束的不希望的旋转、或者朝不希望的方向的反射等之类的不良情况。

[0044] 在本实施方式的LD模块1中,反射镜M1~M10均采用与上述的反射镜Mi相同的结构。即,LD模块1相对于反射镜M1~M10分别能够使用相互相同的结构的反射镜Mi,因此在反射镜M1~M10中,不需要使用相互不同的结构,或者进行相互不同的调整。因此,本实施方式

的LD模块1能够减少该LD模块1的成本,能够廉价地实现该LD模块1。

[0045] 此外,在反射镜 $M_i$ 中,第二反射镜的下表面以及上述第一反射镜的上表面由于通过粘合剂相互粘合,特别是,优选第二反射镜的下表面以及第一反射镜的上表面分别与从该反射镜 $M_i$ 出射的激光束的快轴(即,xz平面)平行。具体而言,在第二反射镜的下表面与第一反射镜的上表面之间涂覆了粘合剂后,在该粘合剂的固化结束之间的期间,优选第二反射镜的下表面以及第一反射镜的上表面分别保持与从多个反射镜出射的多个激光束的快轴平行的状态。由此,能够使第二反射镜的下表面与第一反射镜的上表面之间的粘合剂层的厚度均匀化。若该粘合剂层的厚度均匀,则在该粘合剂层收缩或者膨胀的情况下,也能够避免输出光束的传播方向倾斜、输出光束的光轴的配置走样之类的情况的产生。此外,将作为能够在该粘合剂层产生的收缩或者膨胀假定为在将粘合剂固化时可产生的固化收缩、固化了粘合剂后可产生的热膨胀、热收缩、溶胀等。

[0046] (激光束的出射方向)

[0047] 接下来,参照图4,对半导体激光二极管LD1~LD10的各自的出射方向进行说明。图4是表示本实施方式的LD模块1的半导体激光二极管LD1~LD10的各自的出射方向的俯视图。此外,以下的说明中,通过以y轴为旋转轴的旋转角 $\theta_i$ ( $i=1\sim 10$ 的整数)表示半导体激光二极管LD $i$ 的出射方向相对于z轴的倾斜。其中,朝x轴负方向的倾斜用正的值表示旋转角 $\theta_i$ ,朝x轴正方向的倾斜用负的值表示旋转角 $\theta_i$ 。

[0048] 本实施方式的LD模块1中,反射镜M1~M10分别以预先决定的入射角且相互相同的入射角使激光束入射的方式设定相对于激光束的方向。具体而言,反射镜M1~M10分别以第一反射面S1(参照图3)成为与激光束的慢轴大体平行的面的方式设定相对于激光束的方向。另外,反射镜M1~M10构成为,分别在设定了上述那样的方向的状态下,入射至该反射镜的激光束与从该反射镜出射的激光束从y轴正方向观察时呈直角(参照图3)。

[0049] 即,在本实施方式的LD模块1中,从反射镜M1~M10出射的多个激光束的各自的出射方向不是通过各反射镜的调整来决定,而是通过朝反射镜M1~M10入射的多个激光束的各自的传播方向来决定。

[0050] 特别是,本实施方式的LD模块1采用将多个激光束稍微汇聚朝FL传播的结构。为了实现它,本实施方式的LD模块1如图1以及图4所示,以多个激光束稍微扩散朝反射镜M1~M10传播的方式设定半导体激光二极管LD1~LD10的各自的出射方向。其结果,从反射镜M1~M10出射的多个激光束稍微汇聚朝快轴汇聚透镜FL传播,与以往技术相比在更靠近快轴汇聚透镜FL的位置汇聚。

[0051] 由此,本实施方式的LD模块1不使快轴汇聚透镜FL的曲率半径变小,也能够使光纤OF的入射端面成为更靠近快轴汇聚透镜FL的位置,因此,能够实现LD模块的小型化,而不降低激光束的耦合效率。

[0052] 另外,本实施方式的LD模块1与使相互平行的多个激光束入射至快轴汇聚透镜FL的结构相比,能够缩小入射至快轴汇聚透镜FL的射束(本说明书中,“射束”是指由多个激光束形成的光束。)的最大幅度。由此,减少快轴汇聚透镜FL的收差的影响,因此能够抑制激光束的耦合效率的降低。

[0053] 另外,本实施方式的LD模块1与通过缩小快轴汇聚透镜FL的曲率半径来缩短快轴汇聚透镜FL的焦距的结构相比,从快轴汇聚透镜出射的各激光束相对于光纤OF的入射角变



小。因此,不会招致耦合效率的降低,而能够使光纤OF的入射端面成为更靠近快轴汇聚透镜FL的位置。

[0054] 特别是,本实施方式的LD模块1不进行反射镜的调整,也能够使多个激光束稍微汇聚地朝快轴汇聚透镜FL传播,因此能够防止因上述反射镜的调整而可能产生的各种不良情况的发生。因此,本实施方式的LD模块1能够实现LD模块的小型化,而不降低激光束的耦合效率。

[0055] 例如,在本实施方式(图4)的LD模块1中,将反射镜M1~M10的各自的旋转角 $\theta_i$ 如下那样设定,由此能够使多个激光束稍微汇聚地朝快轴汇聚透镜FL传播。

[0056]  $\theta_1:1.000^\circ$

[0057]  $\theta_2:0.666^\circ$

[0058]  $\theta_3:0.371^\circ$

[0059]  $\theta_4:0.109^\circ$

[0060]  $\theta_5:-0.125^\circ$

[0061]  $\theta_6:-0.335^\circ$

[0062]  $\theta_7:-0.525^\circ$

[0063]  $\theta_8:-0.698^\circ$

[0064]  $\theta_9:-0.856^\circ$

[0065]  $\theta_{10}:-1.000^\circ$

[0066] 该例中,半导体激光二极管LD1~LD10以如下方式设定各自的出射方向,即针对配置于激光二极管列的更靠中央侧的部分,旋转角 $\theta_i$ 的绝对值更小,即针对配置于激光二极管列的更靠外侧的部分,旋转角 $\theta_i$ 的绝对值更大(即,出射方向更朝向外侧)。

[0067] 由此,如图4所示,从半导体激光二极管LD1~LD10出射的多个激光束从其中央向外侧发散并且传播。相反,如图1以及图4所示,从反射镜M1~M10出射的多个激光束在其中中央汇聚并且传播。通过使这样的激光束入射至光纤,能够进一步提高激光束的耦合效率。

[0068] 此外,在本实施方式的LD模块1中,入射至反射镜M<sub>i</sub>的激光束与从反射镜M<sub>i</sub>出射的激光束呈直角,因此入射至反射镜M<sub>i</sub>的激光束的、相对于z轴扩散的方向的倾斜(慢轴方向的倾斜) $\theta_i$ 与从反射镜M<sub>i</sub>出射的激光束的相对于x轴而汇聚的方向的倾斜(快轴方向的倾斜) $\theta_i'$ 成为相同角度。

[0069] (效果的验证)

[0070] 以下,参照图5以及图6,针对通过采用使多个激光束稍微汇聚朝快轴汇聚透镜FL传播的结构而得到的效果进行说明。

[0071] 图5是表示快轴汇聚透镜FL的曲率半径与射束入射至光纤OF的入射端面时的耦合效率的关系的图。在图5所示的图中,横轴表示快轴汇聚透镜FL的曲率半径(单位是mm),纵轴表示使射束入射至光纤OF时的耦合效率(单位是%)。在图5中,示出使上述旋转角 $\theta_i$ 的最大值(以下,表示为“最大旋转角 $\theta$ ”)为 $0^\circ$ 、 $0.5^\circ$ 、 $1^\circ$ 、 $1.5^\circ$ 的情况下的耦合效率。

[0072] 如图5所示,在最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 的情况下即多个激光束平行并列的情况下,若缩小快轴汇聚透镜FL的曲率半径,则射束朝光纤OF的耦合效率降低。作为这样的耦合效率的降低产生的原因,可举出各激光束朝光纤OF的入射角变大,从而超过光纤OF的受光角的成分增大。

[0073] 另一方面,在最大旋转角 $\theta$ 比 $0^\circ$ 大的情况下,即多个激光束在一点交叉的情况下,若缩小快轴汇聚透镜FL的曲率半径,则射束朝光纤OF的耦合效率降低。然而,与最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 的情况相比,耦合效率的降低的程度变小。特别是,在最大旋转角 $\theta$ 为 $1^\circ$ 的情况下,快轴汇聚透镜FL的曲率半径为10mm时的耦合效率与使最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 的情况相比,为高约3%的值。可以认为这是由于,各激光束朝光纤OF的入射角与使最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 的情况相比变小。

[0074] 图6是表示光纤位置、与射束入射至光纤OF的入射端面时的耦合效率的关系的图。此处,光纤位置是指从通过半导体激光二极管LD1的中心的与z轴平行的直线直至光纤OF的入射端面的距离。在图6所示的图中,横轴表示光纤位置(单位是mm),纵轴表示使输出射束入射至光纤OF时的耦合效率(单位是%)。图6中示出使最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 、 $0.5^\circ$ 、 $1^\circ$ 、 $1.5^\circ$ 时的耦合效率。

[0075] 如图6所示,在最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 的情况下,即各输出光束的光轴平行并列的情况下,若使光纤OF的入射端面靠近快轴汇聚透镜FL,则射束朝光纤OF的耦合效率降低。作为这样的耦合效率的降低产生的原因,可举出各输出光束入射至光纤OF的入射端面时的入射角变大,超过光纤的受光角的成分增大。

[0076] 另一方面,在最大旋转角 $\theta$ 比 $0^\circ$ 大的情况下,即各输出光束的光轴在一点交叉的情况下,若使光纤OF的入射端面靠近快轴汇聚透镜FL,则输出射束朝光纤OF的耦合效率降低。然而,与最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 的情况相比,耦合效率的降低的程度变小。特别是可知,在使最大旋转角 $\theta$ 为 $1^\circ$ 的情况下,将耦合效率的降低抑制为不足1%,并且可使光纤OF的入射端面靠近快轴汇聚透镜FL的出射面7mm。可以认为这是由于,各激光束朝光纤OF的入射角与使最大旋转角 $\theta$ 为 $0^\circ$ 的情况相比更小。

[0077] 如以上那样,本发明的LD模块如图1所示,多个半导体激光二极管LD1~LD10以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓扩张的方式将多个激光束朝多个反射镜M1~M10出射,多个反射镜M1~M10以相互邻接的激光束彼此的间隔缓缓变窄的方式将多个激光束朝向快轴汇聚透镜FL反射。

[0078] 由此,能够实现LD模块的小型化,而不降低激光束的耦合效率。

[0079] 实施例

[0080] 以下,参照图7以及图8,对本实施方式的LD模块1的实施例以及比较例进行说明。

[0081] (实施例)

[0082] 图7示出本实施方式的实施例的LD模块的简要结构。

[0083] 本实施例中,使用图7所示的LD模块,对直至使多个激光束汇聚所需要的距离(即,直至光纤OF的入射端面的位置所需要的距离)进行了测定。

[0084] 本实施例的LD模块如图7所示,具备半导体激光二极管LD1~LD3、快轴准直透镜FAC1~FAC3、慢轴准直透镜SAC1~SAC3、反射镜M1~M3、快轴汇聚透镜FL、以及慢轴聚光透镜SL而构成。即,本实施例(图7)的LD模块在作为使三条激光束与光纤OF耦合的结构这点上与本实施方式(图1)的LD模块1不同。

[0085] 图7所示的LD模块中,如以下那样设定各结构部件的参数。

[0086] 半导体激光二极管LD1的旋转角 $\theta$ : $-1^\circ$

[0087] 半导体激光二极管LD2的旋转角 $\theta$ : $0^\circ$

[0088] 半导体激光二极管LD3的旋转角 $\theta$ : $+1^\circ$

[0089] 快轴汇聚透镜FL的曲率半径:6.9mm

[0090] 慢轴聚光透镜SL的曲率半径:3.5mm

[0091] 即,在本实施例的LD模块中,与本实施方式(图1)的LD模块1同样,使用了多个激光束稍微扩散地朝多个反射镜传播,多个激光束稍微汇聚地朝快轴汇聚透镜FL传播的结构。

[0092] (比较例)

[0093] 图8示出本实施方式的比较例的LD模块的简要结构。图8所示的LD模块的各半导体激光二极管的旋转角 $\theta$ 与上述实施例(图7)的LD模块不同。其他方面与上述实施例(图7)的LD模块相同。

[0094] 图8所示的LD模块中,如以下那样设定各结构部件的参数。

[0095] 半导体激光二极管LD1的旋转角 $\theta$ : $0^\circ$

[0096] 半导体激光二极管LD2的旋转角 $\theta$ : $0^\circ$

[0097] 半导体激光二极管LD3的旋转角 $\theta$ : $0^\circ$

[0098] 快轴汇聚透镜FL的曲率半径:6.9mm

[0099] 慢轴聚光透镜SL的曲率半径:3.5mm

[0100] 即,本实施例的LD模块中,与本实施方式(图1)的LD模块1不同,使用多个激光束相互平行地朝多个反射镜传播,多个激光束相互平行地朝快轴汇聚透镜FL传播的结构。

[0101] (实施结果)

[0102] 实施上述实施例的结果,可知在图7所示的LD模块中,从快轴汇聚透镜FL的入射面直至光纤OF的入射端面需要12.3mm的距离。另一方面,实施上述比较例的结果可知,在图8所示的LD模块中,从快轴汇聚透镜FL的入射面直至光纤OF的入射端面需要15.6mm的距离。即,可知使多个激光束稍微汇聚地朝快轴汇聚透镜FL传播,由此能够大幅度缩短从快轴汇聚透镜FL的入射面直至光纤OF的入射端面的距离。

[0103] 此外,在上述实施例的LD模块中,采用使快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>的位置从半导体激光二极管LD<sub>i</sub>的出射端面向z轴正方向(即,从半导体激光二极管LD<sub>i</sub>出射的激光的传播方向)稍微偏移(3 $\mu$ m)的结构。由此,对于从快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>出射的激光束来说,快轴方向的射束径一边缓缓变小,一边朝向光纤OF的入射端面传播。由此,本实施例的LD模块1能够在光纤OF的入射端面使激光束聚光,因此,能够更高效地使从各半导体激光二极管LD<sub>i</sub>出射的激光束与光纤OF耦合。

[0104] 上述LD模块中,上述多个反射镜分别优选构成为入射至该反射镜的激光束、与从该反射镜出射的激光束从与双方激光束垂直的方向观察时呈直角。

[0105] 根据上述的结构,能够使各反射镜成为比较简单的结构,因此能够抑制上述不良的产生。特别是,在使用组合多个反射面而构成的反射镜的情况下,通过采用上述结构,上述不良的抑制效果更显著。

[0106] 上述LD模块中,优选上述第一反射镜具有与入射至该反射镜的激光束的慢轴平行且相对于上述激光束的光轴呈 $45^\circ$ 的角度的第一反射面,上述第二反射镜具有与由上述第一反射面反射的激光束的快轴平行且相对于上述激光束的光轴呈 $45^\circ$ 的角度的第二反射面。

[0107] 根据上述的结构,能够更难产生因上述第一反射镜以及上述第二反射镜的反射而

引起的射束的扭曲。

[0108] 在上述LD模块中,优选上述多个激光二极管以随着配置于上述激光二极管列的更靠外侧而激光束的出射方向更靠外侧的方式设定各自的出射方向。

[0109] 根据上述的结构,从多个半导体激光二极管出射的多个激光束从其中央(射束的中心)向外侧发散并且传播,相反,从多个反射镜出射的多个激光束在其中央(射束的中心)汇聚并且传播。通过使这样的激光束入射至光纤,能够进一步提高激光束的耦合效率。

[0110] 在上述LD模块中,进一步具备配置在从上述多个激光二极管出射的上述多个激光束的各自的光路上的多个快轴准直透镜,上述多个快轴准直透镜分别优选,以对对应的激光束的快轴方向的射束发散进行准直的位置为基准在该激光束的传播方向上偏移,该偏移的量使该激光束的快轴方向的射束径在由所述快轴汇聚透镜汇聚的多个激光束的交叉点上最小化。

[0111] 根据上述的结构,在上述交叉点,将各激光束的射束径最小化,因此能够进一步提高使由上述多个激光束构成的射束入射至光纤时的耦合效率。

[0112] 在上述LD模块中,上述第二反射镜的下表面以及上述第一反射镜的上表面相互粘合,上述第二反射镜的下表面以及上述第一反射镜的上表面分别优选与从上述多个反射镜出射的上述多个激光束的快轴平行。

[0113] 根据上述结构,若形成于第二反射镜的下表面与第一反射镜的上表面之间的粘合剂层的厚度均匀,则在这些粘合剂层收缩或者膨胀的情况下,也能够避免输出光束的传播方向倾斜、输出光束的光轴的配置走样之类的情况的产生。

[0114] (附录事项)

[0115] 本发明不限于上述的实施方式,在技术方案所示的范围内能够进行各种变更。即,组合在技术方案所示的范围适当地变更的技术手段而得到的实施方式也包括于本发明的技术的范围。

[0116] (单位光学系统(激光束)的数量)

[0117] 本实施方式的LD模块1为了将10条激光束耦合,具备10个单位光学系统,但不局限于此。即,LD模块1可以作为具备9个以下的单位光学系统实施,也可以作为具备11个以上的单位光学系统实施。

[0118] (各结构部件的设置场所)

[0119] 本实施方式的LD模块1如图1所示,各结构部件设置在一个子台架B的表面上,但不局限于此。例如,上述各结构部件的一部分也能够设置于子台架B的外部。例如,也能够成为快轴汇聚透镜FL与慢轴聚光透镜SL设置于子台架B的外部(例如,第二子台架等)的结构、慢轴聚光透镜SL设置于子台架B的外部的结构。

[0120] 本实施方式的LD模块1中,也可以采用使快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>的位置从基准位置向z轴正方向(即,从半导体激光二极管LD<sub>i</sub>出射的激光的传播方向)偏移的结构。此处,基准位置是指快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>发挥使从半导体激光二极管LD<sub>i</sub>出射的激光的快轴方向的射束发散平行化(准直)的作用的位置。从基准位置向激光的传播方向偏移的快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>发挥对从半导体激光二极管LD<sub>i</sub>出射的激光进行聚光的作用,即发挥使射束径逐渐变小的作用。

[0121] 特别是在本实施方式的LD模块1中,优选分别独立地设定各快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>的

偏移量,由此使各输出光束的射束径在输出射束的交叉点上最小化。例如,优选将各快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>的偏移量 $\Delta_i$ 设定为 $\Delta_1 > \Delta_2 > \dots > \Delta_{10}$ ,由此使各输出光束的射束径在上述交叉点上最小化。

[0122] 以往的LD模块中,使各输出光束的射束径最佳化,因此使用用于调整该射束径的另外的透镜。另一方面,如上述那样,本实施方式的LD模块1调整各快轴准直透镜FAC<sub>i</sub>的偏移量,由此使各输出光束的射束径最佳化,因此不需要设置用于调整射束径的另外的透镜。因此,本实施方式的LD模块1能够减少该LD模块1的成本,能够廉价地实现该LD模块1。

[0123] 工业上的利用可能性

[0124] 本发明能够适当地用于LD模块。特别是,能够适当地用于将半导体激光二极管作为光源的LD模块。

[0125] 附图标记的说明

[0126] 1…LD模块;LD1~LD10…半导体激光二极管(激光二极管);FAC1~FAC10…快轴准直透镜;SAC1~SAC10…慢轴准直透镜;M1~M10…反射镜;Mi1…第一反射镜;S1…反射面(第一反射面);Mi2…第二反射镜;S2…反射面(第二反射面);B…子台架(基板);FL…快轴汇聚透镜(汇聚透镜);SL…慢轴聚光透镜;OF…光纤。

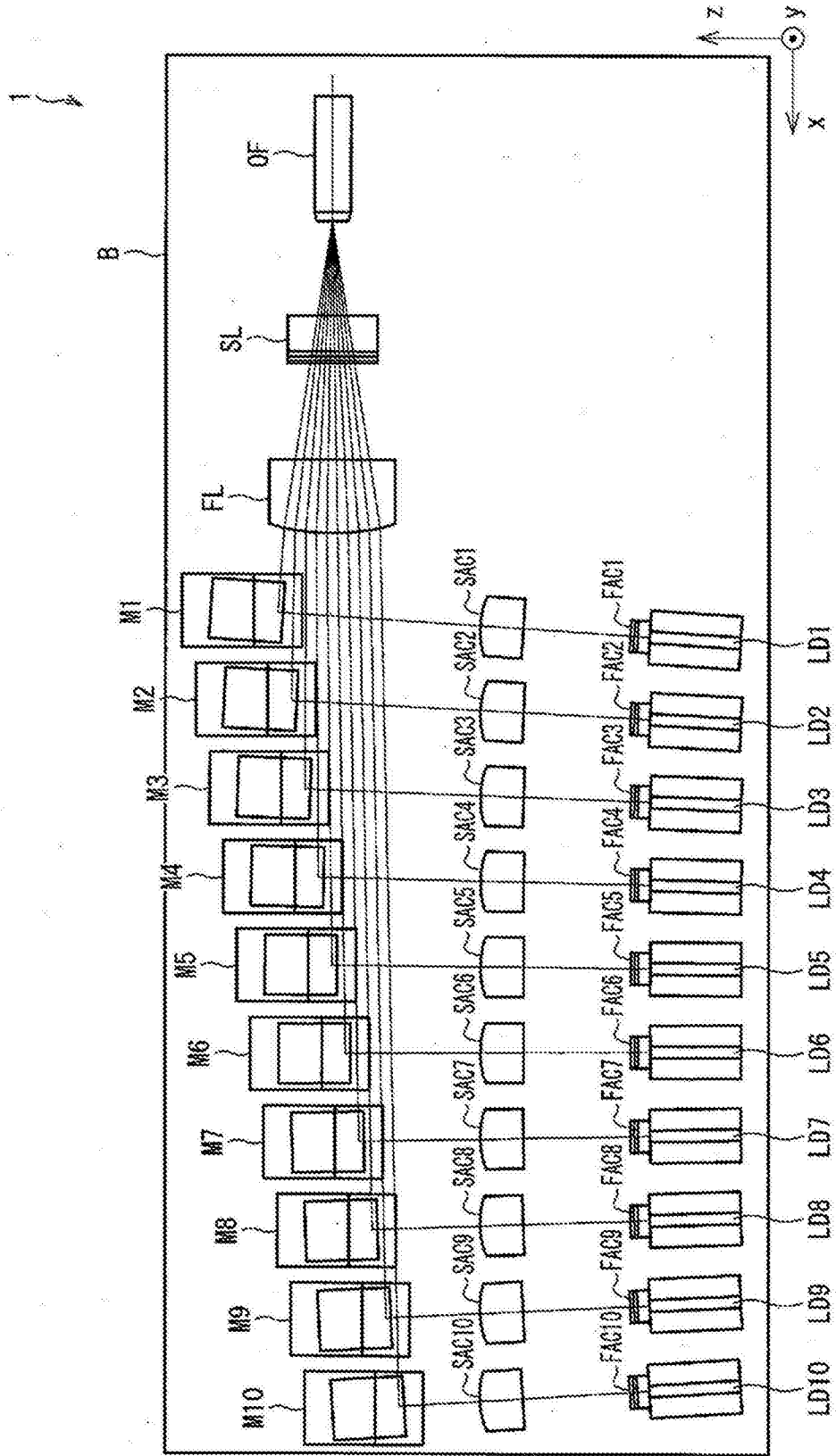


图1

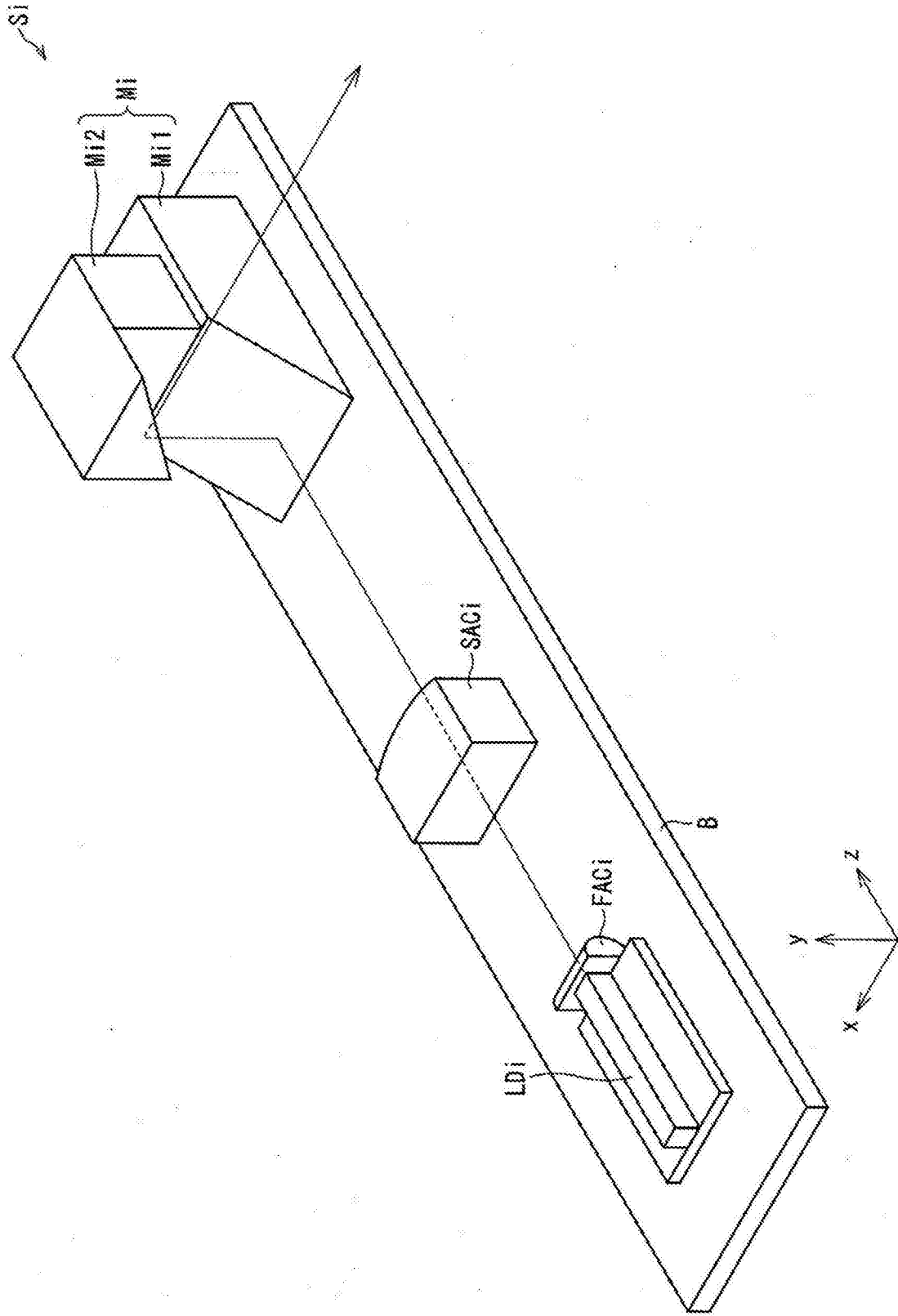


图2

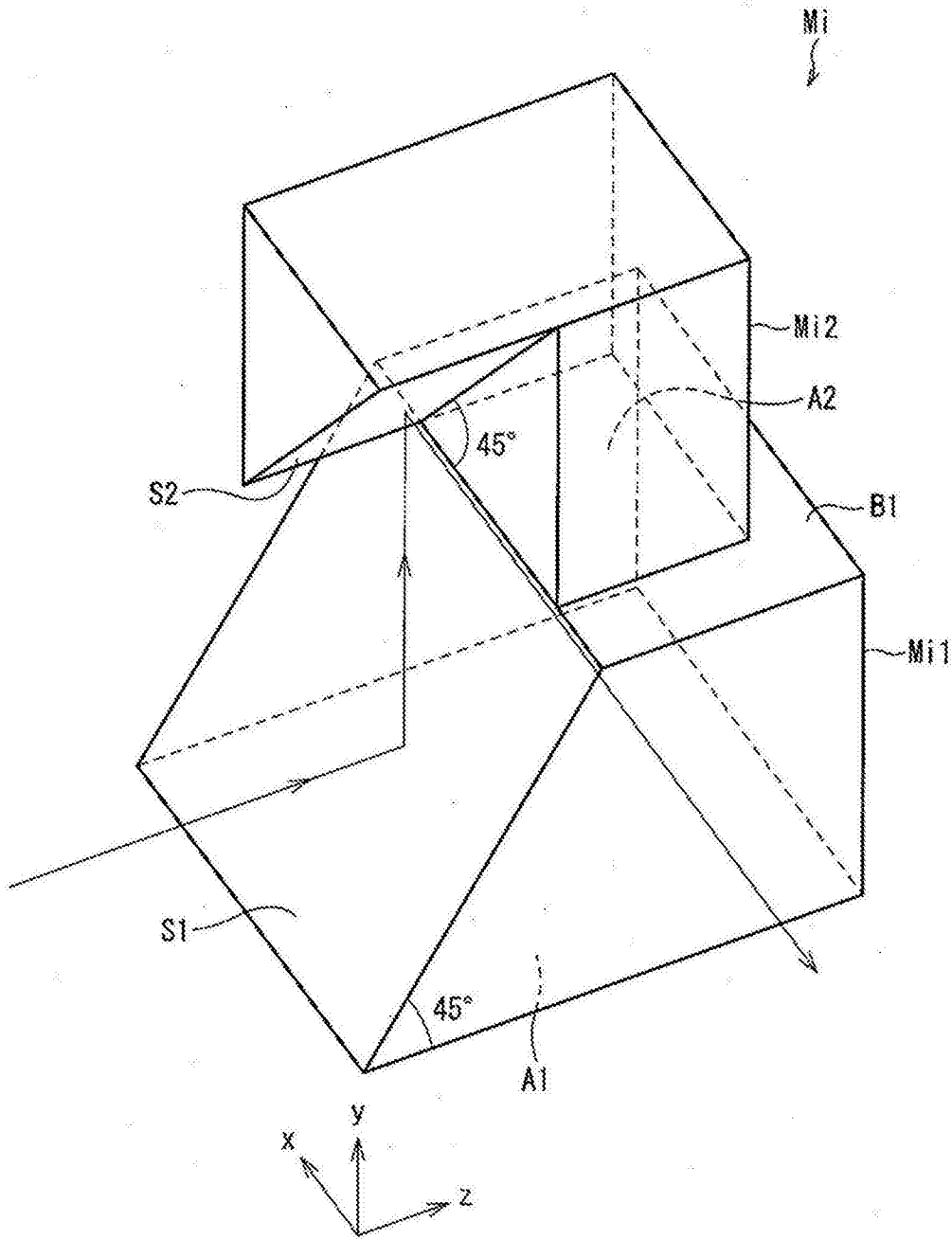


图3



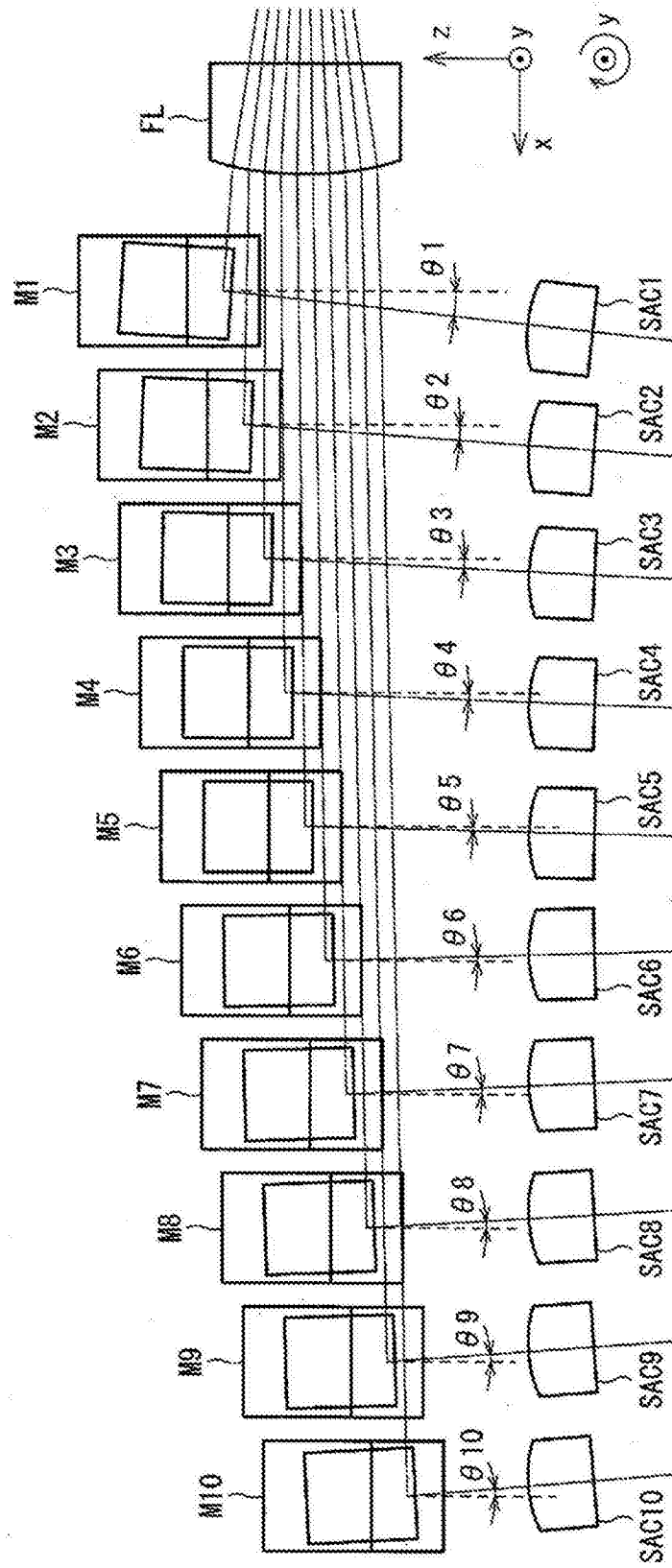


图4

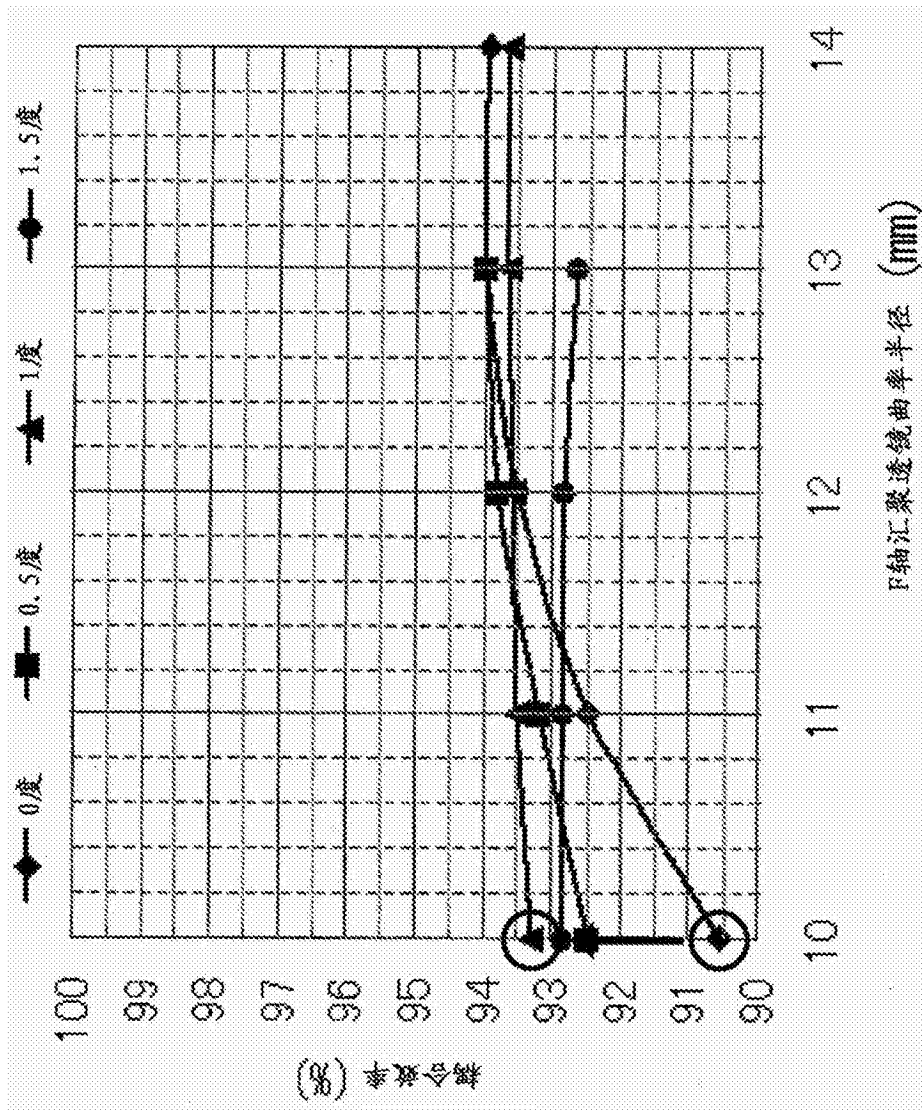


图5

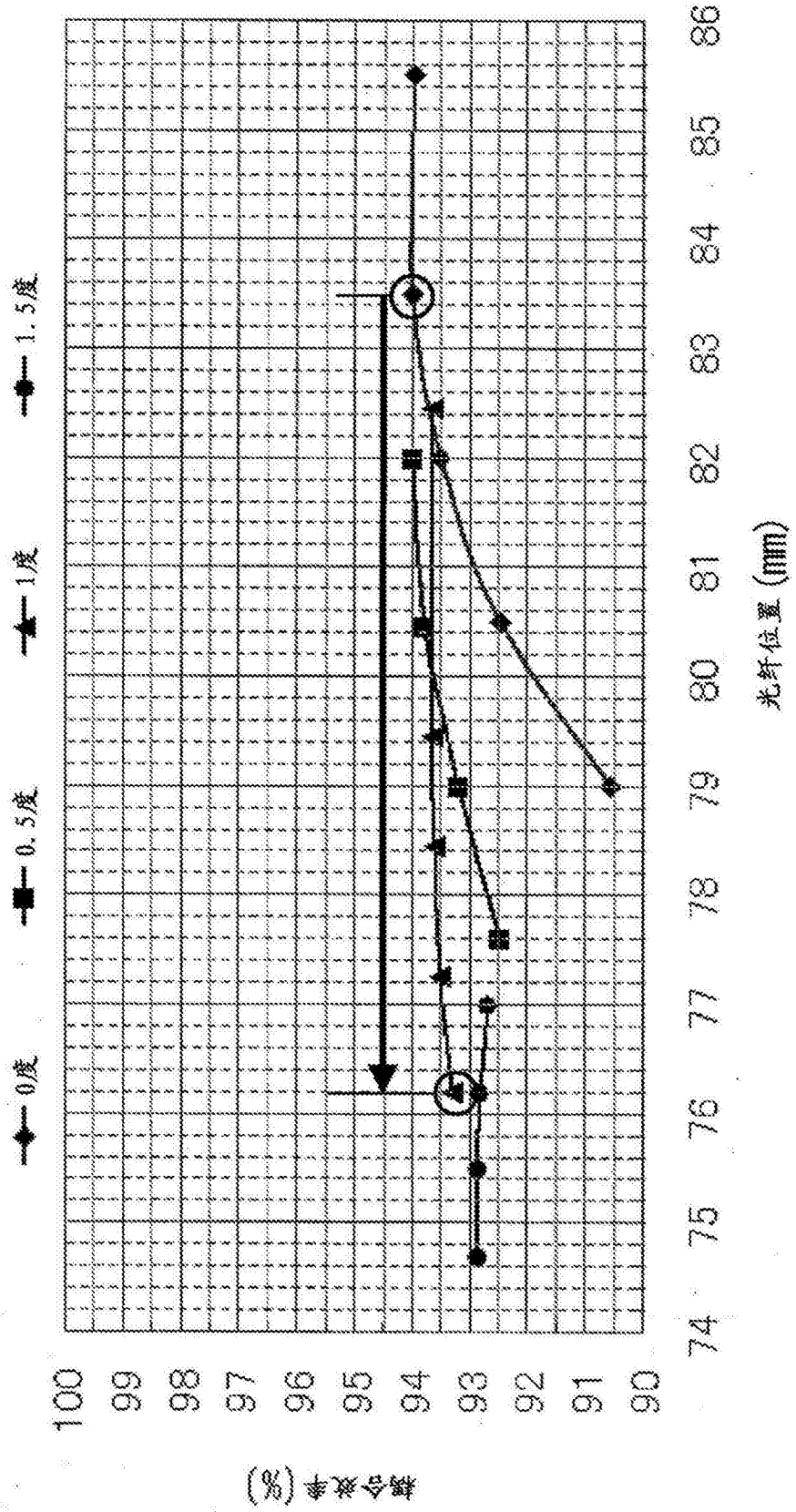


图6

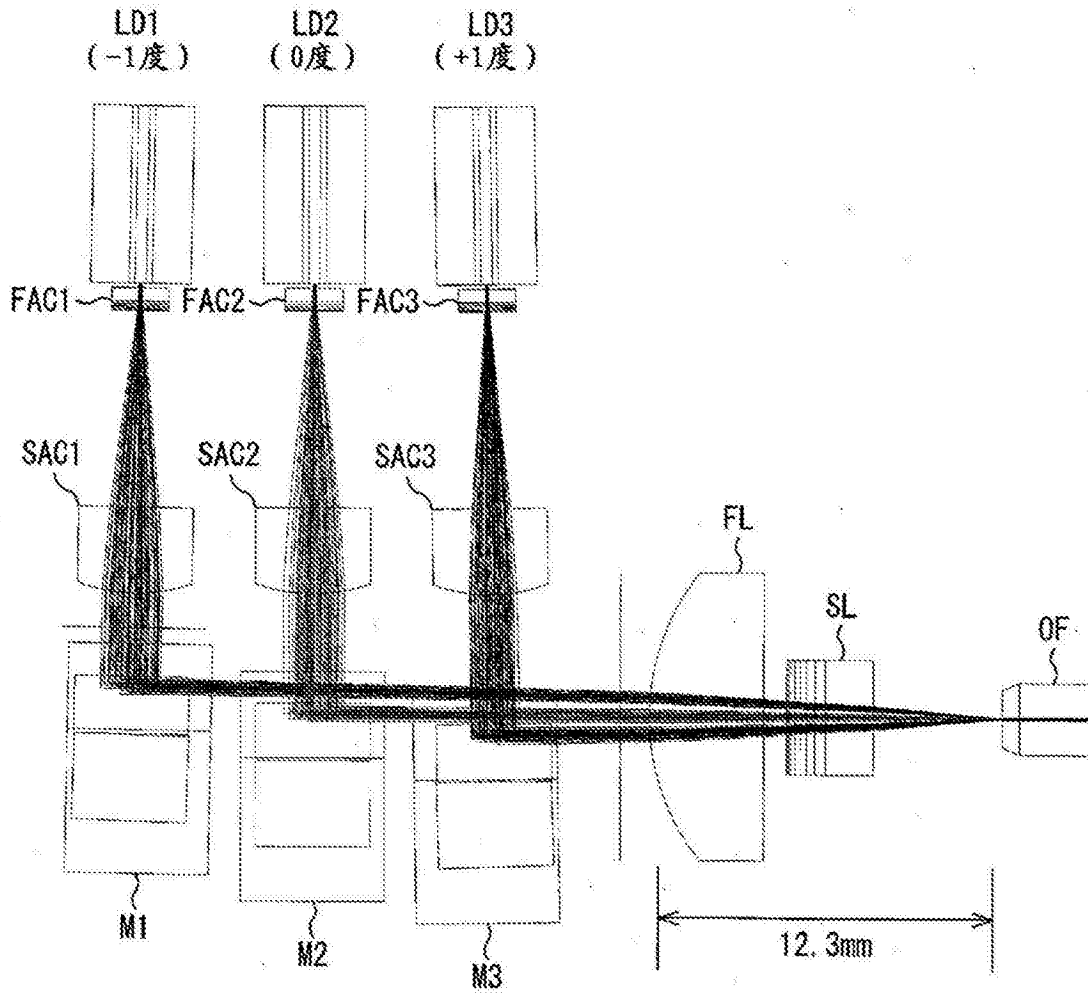


图7

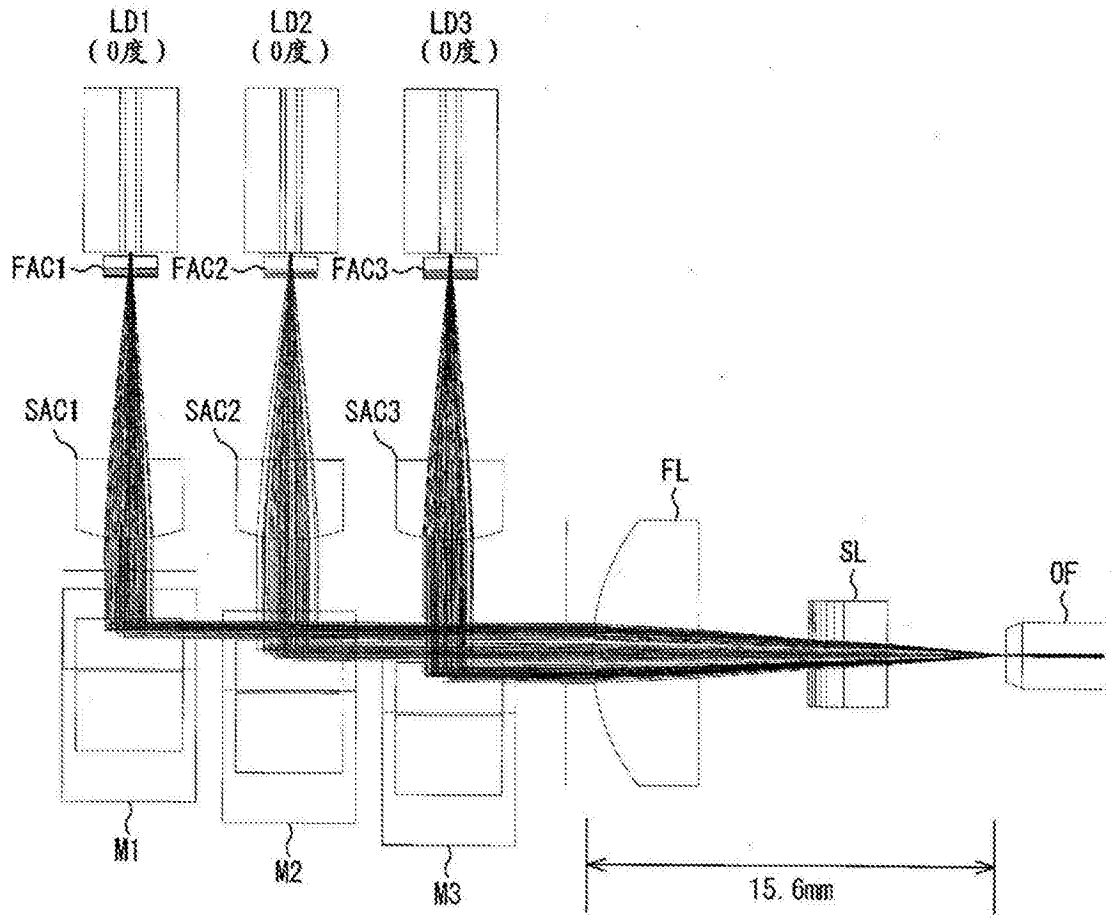


图8