

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 27/10 (2006.01)

G02B 27/12 (2006.01)

G02B 27/28 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720094595.7

[45] 授权公告日 2009 年 2 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 201199288Y

[22] 申请日 2007.11.14

[21] 申请号 200720094595.7

[73] 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130012 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 王立军 冯广智 刘 云 顾媛媛

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 赵炳仁

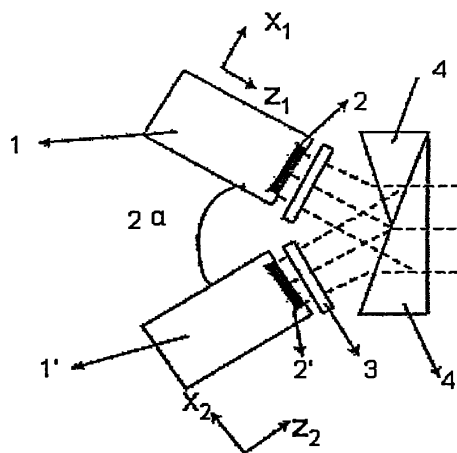
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 7 页

[54] 实用新型名称

直角棱镜组实现大功率半导体激光列阵的光束耦合装置

[57] 摘要

直角棱镜组实现大功率半导体激光列阵的光束耦合装置，属于半导体激光器光束耦合技术范畴。其特征在于直角棱镜组使两半导体激光列阵的光束发生不同的偏转，实现两光束的耦合，本实用新型的光束耦合装置还可以与偏振耦合、波长耦合相结合，组成多个半导体激光列阵的光束耦合，而且填充了半导体激光列阵 LD Bar 间的发光空隙；并且直角棱镜同时对光束扩束准直，更有利于聚焦得到小光斑；调节两激光器出射光束的夹角，设计与之匹配的直角棱镜顶角来实现合束，能达到不同的准直效果，输出功率接近各激光器功率之和。



1 直角棱镜组实现大功率半导体激光列阵的光束耦合装置，其特征在于采用直角棱镜组将两半导体激光列阵的两光束耦合：

经过快轴准直镜（3）后的两个半导体激光列阵（1）和（1'），在 $x-z$ 平面内成 2α 角度放置，并且两个激光器在 y 轴方向位置不同，位置的差等于半导体激光列阵中 LD Bar(2)的间距 d 的一半，而 LD Bar 在快轴准直后的光束尺寸小于 $d/2$ ，这样两激光器中每个激光器的光束都处于另一激光器的发光空隙中，在两光束相遇处交替方向放置直角棱镜组（4）和（4'），每个直角棱镜的厚度等于 $d/2$ ，并且直角棱镜组（4）与半导体激光列阵（1）的光耦合；

该光束耦合装置还可以与偏振耦合、波长耦合相结合使用，分为组成以下四种结构类型：

先直角棱镜组光束耦合、再偏振耦合，

先直角棱镜组光束耦合、再波长耦合，

先偏振耦合、再直角棱镜组光束耦合，

先波长耦合，再直角棱镜组光束耦合。

2、按照权利要求 1 所述的直角棱镜组实现大功率半导体激光列阵的光束耦合装置，其特征在于先直角棱镜组光束耦合、再偏振耦合：

使用两个完全相同的直角棱镜组光束耦合模块（5）和直角棱镜组光束耦合模块（5'），输出光束传播方向相垂直，在直角棱镜组光束耦合模块（5'）的光束前面放一半波片（6），使半波片（6）的

光轴与直角棱镜组光束耦合模块(5')光束的偏振方向成 45° ,这样直角棱镜组光束耦合模块(5')光束的偏振方向就旋转了 90° ,直角棱镜组光束耦合模块(5)与直角棱镜组光束耦合模块(5')的光束偏振方向相垂直,在两光束相交处放一偏振选择元件(7),最后用柱透镜(8)和球透镜(9)聚焦得到小光斑。

3、按照权利要求1所述的直角棱镜组实现大功率半导体激光列阵的光束耦合装置,其特征在于先直角棱镜组光束耦合、再波长耦合:

使用两个只有波长不同的直角棱镜组光束耦合模块(10)和(10'),直角棱镜组光束耦合模块(10)中半导体激光列阵的发光波长为 λ_1 ,直角棱镜组光束耦合模块(10')的波长 λ_2 ,它们的输出光束传播方向相垂直,在两光束相交处放一波长选择元件(11),由柱透镜(8)和球透镜(9)聚焦得到小光斑。

4、按照权利要求1所述的直角棱镜组实现大功率半导体激光列阵的光束耦合装置,其特征在于先偏振耦合、再直角棱镜组光束耦合:

用两个完全相同的经过快轴准直半导体激光列阵(14)和(14'),组成偏振耦合模块(12),在偏振耦合模块(12)中两激光器的光束相互垂直,并且在y轴方向处于同一高度,其中一个激光器的前面放置半波片(6),使半波片(6)的光轴与该激光器光束的偏振方向成 45° ,这样光束的偏振方向就旋转了 90° ,两激光器的光束偏振方向相垂直,在两光束相交处放一偏振选择元件(7),最终两光束合在一起,两半导体激光列阵(1)和(1')分别用两个相同的偏振耦合模块(12)和(12')替代,并且使替代后偏振耦合模块(12)和(12')的输

出光束位置与两激光列阵(1)和(1')的光束位置相同,同样得到了小光斑。

5、按照权利要求1所述的半导体直角棱镜组实现大功率半导体光列阵的光束耦合装置,其特征在于先波长耦合、再直角棱镜组光束耦合:

用一个波长为 λ_1 的经过快轴准直的半导体激光列阵和一个波长为 λ_2 的经过快轴准直半导体激光列阵,组成波长耦合模块(13),在波长耦合模块(13)中波长为 λ_1 激光器的光束与波长为 λ_2 激光器的光束相垂直,并且在同一高度,在两光束相交处放一波长选择元件(11),将两半导体激光列阵(1)和(1')用完全相同的波长耦合模块(13)和(13')替代,并且使替代后波长耦合模块(13)和(13')的输出光束位置与两半导体激光列阵(1)和(1')的光束位置相同,形成先波长耦合、再直角棱镜组光束耦合的结构。

直角棱镜组实现大功率半导体激光列阵的光束耦合装置

技术领域:

本实用新型涉及一种对大功率半导体激光列阵的光束耦合装置,属于半导体激光器光束耦合技术范畴。

背景技术:

相对于其它类型的激光器,半导体激光器(LD)具有体积小、重量轻、效率高、寿命长、可以直接电流调制等优点,因此在工业、军事、核能等众多领域被广泛的应用,同时对半导体激光器输出功率和亮度的要求也越来越高。通过将半导体激光发光单元集成为一维线阵(LD Bar)和堆叠多个 LD Bar 的二维面阵(LD Stack),可以有效地提高半导体激光器的输出功率,但是由于受到散热的限制,二维面阵不可以对 LD Bar 无限制的堆叠,国际上可以做到 25 个 Bar 的叠层,连续输出功率 2500w,这样的功率仍然不能满足工业对金属切割、焊接等加工的需要。这就要求采用适当的光束耦合方法,将多个半导体激光列阵的光束耦合到同一光学路径,以提高输出功率和亮度。

现在国际上有偏振耦合技术和波长耦合技术(M. Traub, M. Bock, H.-D. Hoffmann, M. Bartram. Novel high peak current pulsed diode laser sources for direct material processing[J]. SPIE Proc, 2007, Vol. 6456),这两种光束耦合方法都能达到高效率,它们之间并不是排斥的,而是可以通过多种光束耦合相结合,对更多的半导体

激光列阵实现合束，实现更高的功率和亮度输出。

发明内容：

本实用新型要解决的内容在于通过一种新的光束耦合装置，将2-4个半导体激光列阵的光束耦合到同一光学路径，以提高输出功率和亮度。

本发明的特征在于采用直角棱镜组使两半导体激光列阵的光束发生不同的偏转，实现两光束的耦合，在不改变光束质量的条件下，将输出功率和亮度提高为原来的2倍，而且填充了半导体激光列阵LD Bar间的发光空隙；并且直角棱镜同时对光束扩束准直，更有利于聚焦得到小光斑；调节两激光器出射光束的夹角，设计与之匹配的直角棱镜顶角来实现合束，能达到不同的准直效果；该光束耦合装置还可以与偏振耦合、波长耦合相结合使用，实现更多半导体激光列阵的光束耦合，得到更大的输出功率和亮度。

对于半导体激光器，我们普遍规定垂直于P-n结平面方向（快轴方向）为y轴，垂直于P-n结平面方向（慢轴）为x轴，光束传播方向为z轴，如图1所示两激光器的 x_1 、 z_1 、 x_2 、 z_2 轴方向，合束后光束的快慢轴方向对应的x、z轴方向，y轴方向垂直于纸面。

本发明是对于经过快轴准直镜3后的两个半导体激光列阵1和1'，在x-z平面内成 2α 角度放置（如图1），并且两个激光器在y轴方向位置不同，位置的差等于半导体激光列阵中LD Bar 2的间距d的一半（如图2，两激光器y轴方向相同，该图主要表现两个激光器在y方向上的情况，而 z_1 、 z_2 方向仅是相对于各激光器的方向， z_1 、

z_2 之间没有相对性,即两激光器在 z 方向的位置没有相对性),而LD Bar在快轴准直后的光束尺寸小于 $d/2$,这样两激光器中每个激光器的光束都处于另一激光器的发光空隙中(如图3, z_1 、 z_2 之间没有相对性)。在两光束相遇处交替方向放置直角棱镜组4和4'(如图1),每个直角棱镜的厚度等于 $d/2$,并且直角棱镜组4与半导体激光列阵1的光束相对应,在 y 轴处于同一位置,而棱镜组4'与半导体激光列阵1'相对应,(如图3),这样就保证了同一激光器的光束遇到同一方向的棱镜,使光束向相同的方向偏转。两个激光器的光束向着相反的方向偏转同样的角度 α ,这样两个光束就合在一起了,理论上输出功率和亮度变为原来的两倍(如图1)。光束耦合前后的光束形状变化如图12,16、16'分别为激光器1和1'的光斑,17为合束后的光斑。由图4中可以看到合束后的光束慢轴尺寸加宽了,由几何光学知识我们知道,棱镜对光束扩束的同时,光束的发散角也会降低相同的倍数。对慢轴光束的准直有利于聚焦得到小的光斑,可用一柱透镜8和球透镜9聚焦。

本发明的光束耦合装置还可以与偏振耦合、波长耦合相结合,组成4个半导体激光列阵的光束耦合装置。

首先说明先直角棱镜组光束耦合、再偏振耦合的情况,如图5,使用两个完全相同的直角棱镜组光束耦合模块5和5',我们知道半导体激光器的偏振方向接近于线偏振,令它们的输出光束传播方向相垂直,在直角棱镜组光束耦合模块5'的光束前面放一半波片6,使半波片6的光轴与直角棱镜组光束耦合模块5'光束的偏振方向成

45°,这样直角棱镜组光束耦合模块 5' 光束的偏振方向就旋转了 90°,直角棱镜组光束耦合模块 5 与 5' 的光束偏振方向相垂直,在两光束相交处放一偏振选择元件 7 (如立方体偏振分束器 PBS),两光束在偏振选择元件的对角面上一个发生全透射,一个发生全发射,最终两光束合在一起,最后可用柱透镜 8 和球透镜 9 聚焦得到小光斑,该装置理论上输出功率变为原来的四倍。

说明先直角棱镜组光束耦合、再波长耦合的情况,如图 6,使用两个只有波长不同的直角棱镜组光束耦合模块 10 和 10',直角棱镜组光束耦合模块 10 中半导体激光列阵的发光波长为 λ_1 ,直角棱镜组光束耦合模块 10' 的波长 λ_2 ,令它们的输出光束传播方向相垂直,在两光束相交处放一波长选择元件 11,两光束在波长选择元件的对角面上一个发生全透射,一个发生全发射,最终两光束合在一起,最后可用柱透镜 8 和球透镜 9 聚焦得到小光斑,该装置理论上输出功率变为原来的四倍。

说明先偏振耦合、再直角棱镜组光束耦合的情况,用两个完全相同的经过快轴准直半导体激光列阵 14 和 14',组成偏振耦合模块 12,在偏振耦合模块 12 中两激光器的光束相互垂直,并且在 y 轴方向处于同一高度,其中一个激光器的前面放置半波片 6,使半波片 6 的光轴与该激光器光束的偏振方向成 45°,这样光束的偏振方向就旋转了 90°,两激光器的光束偏振方向相垂直,在两光束相交处放一偏振选择元件 7 (如立方体偏振分束器 PBS),两光束在偏振选择元件的对角面上一个发生全透射,一个发生全发射,最终两光束合在一起(如图

7)。将图 4 中的两半导体激光列阵 1 和 1' 分别用两个相同的偏振耦合模块 12 和 12' 替代, 并且使替代后偏振耦合模块 12 和 12' 的输出光束位置与图 4 中两半导体激光列阵 1 和 1' 的光束位置相同, 这样就形成了图 8 所示的结构, 同样得到了小光斑, 该装置理论上输出功率变为原来的四倍。

说明先波长耦合, 再再直角棱镜组光束耦合, 用一个波长为 λ_1 的经过快轴准直的半导体激光列阵和一个波长为 λ_2 的经过快轴准直半导体激光列阵, 组成波长耦合模块 13, 在波长耦合模块 13 中波长为 λ_1 激光器的光束与波长为 λ_2 激光器的光束相垂直, 并且在同一高度, 在两光束相交处放一波长选择元件 11, 两光束在波长选择元件的对角面上一个发生全透射, 一个发生全发射, 最终两光束合在一起 (如图 9)。将图 4 中的两半导体激光列阵 1 和 1' 用完全相同的波长耦合模块 13 和 13' 替代, 并且使替代后波长耦合模块 13 和 13' 的输出光束位置与图 4 中两半导体激光列阵 1 和 1' 的光束位置相同, 这样就形成了图 10 所示的结构, 同样得到了小光斑, 该装置理论上输出功率变为原来的四倍。

附图说明:

图 1、(a) 直角棱镜组光束耦合分解图 (b) 直角棱镜组光束耦合示意图

其中半导体激光列阵 1、LD Bar 2、快轴准直镜 3、直角棱镜组 4 和 4'、直径棱镜组光束耦合模块 5。

图 2、两半导体激光列阵位置高度关系示意图

图 3、两半导体激光列阵中每个半导体激光列阵的光束在另一个半导体激光列阵光束的发光空隙中示意图

图 4、棱镜组光束耦合、聚焦俯视图

其中半波片 6、偏振选择元件 (PBS) 7、柱透镜 8、球透镜 9。

图 5、先直角棱镜组光束耦合、再偏振耦合的示意图

其中结构相同的直角棱镜组光束耦合模块 5 和 5'。

图 6、先直角棱镜组光束耦合、再波长耦合的示意图

其中结构相同但发光波长不同的直角棱镜组光束耦合模块 10 和 10'，波长耦合元件 11。

图 7、偏振耦合模块 12 示意图

其中两个完全相同的半导体激光列阵 14 和 14'，偏振耦合模块 12。

图 8、先偏振耦合、再直角棱镜组光束耦示意图

其中结构相同的偏振耦合模块 12、12'。

图 9、波长耦合模块 13 示意图

其中两个结构相同但发光波长不同的半导体激光列阵 15 和 15'。

图 10、先波长耦合、再直角棱镜组光束耦合的示意图

其中结构相同的波长耦合模块 13、13'。

图 11、光束在直角棱镜上的折射关系示意图

图 12、直角棱镜组光束耦合前后光斑变化图

其中两半导体激光列阵快轴准直后的光斑 16 和 16'，直角棱镜组光束耦合后的光斑 17。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

实施例一：

如图 2、3、4，对于两个波长为 980nm 有 5 个 Bar 垂直叠层的半导体激光列阵 1 和 1'，LD Bar 2 间距 1.8mm，快轴准直后发散角 8mrad，单 Bar 快轴尺寸 0.6mm，使两激光器 1 和 1' 在 x-z 平面内成 $2\alpha = 120^\circ$ 角放置，即 z_1 、 z_2 成 120° 角，在 y 轴方向激光器 1 比激光器 1' 的位置高 0.6mm。而由图 11 中激光器 1 的光束在直角棱镜 4 上的折射关系，我们可以知道 $\sin(\alpha + \theta) = n \sin \theta$ ， $\alpha + \theta < 90^\circ$ ，其中 n 为直角棱镜的折射率，这里取 $n = 1.5$ ，计算可得直角棱镜的顶角 $\theta = 35.26^\circ$ ，直角棱镜组 4、4' 分别与 LD Bar 2、2' 列阵对应在同一高度上，将它们放在两光束相遇的位置，4 与 4' 的一直角边重叠。使光束在 4 与 4' 的斜面上折射后垂直于该直角边出射。调解两激光器在 x-z 坐标平面上的位置，使两光束折射后在同一光学路径。由图 11 中可求出光束经过直角棱镜前后宽度变化关系，得出其光束扩束比 $\eta = \cos \theta / \cos(\theta + \alpha) = 1.63$ ，同时慢轴发散角降低 1.63 倍。增加 α 角和直角棱镜材料折射率 n 能进一步提高扩束比，降低发散角。最后可用一柱透镜 8 和球透镜 9 聚焦可得到小光斑，该装置理论上其输出功率为 2 个半导体激光器功率之和。

实施例二：

将实施例一中柱透镜 8 和球透镜 9 聚焦前的部分作为一个直角棱镜光束耦合模块 5，采用两个直角棱镜光束耦合模块 5、和 5'，使他们在 y 方向处于同一高度，在 x-z 平面内垂直放置，在两光束相交

的位置上放置立方体偏振棱镜 (PBS) 7, 已知直角棱镜光束耦合模块 5 和 5' 的光束相对于立方体偏振棱镜 (PBS) 7 为 p 偏振光, 在直角棱镜光束耦合模块 5' 与 7 之间垂直光束传播方向放置一半波片 6, 旋转半波片使其光轴与光束偏振方向成 45° , 这样直角棱镜光束耦合模块 5' 光束的偏振方向就旋转了 90° , 变为 s 偏振光。P 偏振光在 6 的对角面上发生全透射, s 偏振光发生全反射, 调解两激光器的位置, 使两光束合在一起, 实现 4 个半导体激光列阵的光束耦合, 最后可用最后可用一柱透镜 8 和球透镜 9 聚焦可得到小光斑, 该装置理论上其输出功率为 4 个半导体激光器功率之和, 如图 5。

实施例三:

将实施例一中柱透镜 8 和球透镜 9 聚焦前的部分作为一个直径棱镜光束耦合模块 10, 采用直径棱镜光束耦合模块 10 和 10', 使他们在 y 方向处于同一高度, 在 x-z 平面内垂直放置, 已知直径棱镜光束耦合模块 10 的发光波长为 808nm, 10' 的波长 980nm, 在两光束相交的位置上放置波长选择元件 (BSC) 11, 808nm 的光束在 11 的对角面上发生全透射, 980nm 的光束发生全反射, 调解两光束的位置使它们合在一起, 实现 4 个半导体激光列阵的光束耦合, 最后可用一柱透镜 8 和球透镜 9 聚焦可得到小光斑, 该装置理论上其输出功率为 4 个半导体激光器功率之和, 如图 6。

实施例四:

用两个经过快轴准直的 980nm 有 5 个 Bar 垂直叠层的半导体激光列阵 14 和 14', 组成偏振耦合模块 12, 每个激光器中 LD Bar 2 间

距 1.8mm, 快轴准直后发散角 8mrad, 单 Bar 快轴尺寸 0.6mm, 在偏振耦合模块 12 中两激光器的光束相互垂直, 并且在 y 轴方向处于同一高度, 在两半导体激光列阵 1 和 1' 光束相交处放置立方体偏振棱镜 (PBS) 7, 已知 980nm 半导体激光列阵的偏振方向相对 PBS 为 P 偏振, 在半导体激光列阵 14' 与立方体偏振棱镜 (PBS) 7 之间垂直于光束传播方向放置半波片 6, 使半波片 6 的光轴与该激光器光束的偏振方向成 45° , 这样光束的偏振方向就旋转了 90° , 两激光器的光束偏振方向相垂直, 激光器 14 的光束在偏振选择元件的对角面上发生全透射, 半导体激光列阵 14' 的光束发生全反射, 最终两光束合在一起 (如图 7)。将图 4 中的两半导体激光列阵 1 和 1' 分别用两个相同的偏振耦合模块 12 和 12' 替代, 并且使替代后偏振耦合模块 12 和 12' 的输出光束位置与图 4 中两半导体激光列阵 1 和 1' 的光束位置相同, 这样就形成了图 8 所示的结构, 同样得到了小光斑, 该装置理论上其输出功率为 4 个半导体激光器功率之和。

实施例五:

用一个经过快轴准直的 980nm 有 5 个 Bar 垂直叠层的半导体激光列阵 15 和一个经过快轴准直的 808nm 有 5 个 Bar 垂直叠层的半导体激光列阵 15', 组成波长耦合模块 13, 每个激光器中 LD Bar 2 间距 1.8mm, 快轴准直后发散角 8mrad, 单 Bar 快轴尺寸 0.6mm, 在波长耦合模块 12 中两激光器的光束相互垂直, 并且在 y 轴方向处于同一高度, 在半导体激光列阵 15 和 15' 光束相交处放置波长选择器件 11, 半导体激光列阵 15 的光束在波长选择元件的对角面上发生全透射,

半导体激光列阵 15' 的光束发生全发射, 最终两光束合在一起 (如图 9)。将图 4 中的两半导体激光列阵 1 和 1' 分别用两个相同的波长耦合模块 13 和 13' 替代, 并且使替代后波长耦合模块 13 和 13' 的输出光束位置与图 4 中两半导体激光列阵 1 和 1' 的光束位置相同, 这样就形成了图 10 所示的结构, 同样得到了小光斑, 该装置理论上其输出功率为 4 个半导体激光器功率之和。

实例一是两个半导体激光列阵的光束耦合、实例二、三、四、五是四个半导体激光列阵的光束耦合, 这是根据需要得到的输出功率选择哪种实例。理论和实验证明偏振耦合和波长耦合都能达到高效率, 实例二、三在方法上要优于四、五, 因为半导体激光列阵虽然经过快轴准直仍有一很小发散角, 直角棱镜组光束耦合需要将两半导体激光器的光束穿插耦合在一起, 光束传播距离小, 发散的光束尺寸小有利于达到高效率, 同时避免前面的偏振或波长耦合器件尺寸误差造成的光束偏离引起直角棱镜组光束耦合效率降低, 所以先进行直角棱镜组光束耦合的实例二、三是比较好的方案。

如果本实用新型的光束耦合装置与偏振耦合、波长耦合同时使用, 可以组成 8 个半导体激光列阵的光束耦合装置, 理论上其输出功率为 8 个半导体激光器功率之和。

以上仅为本发明最佳实施例, 凡以本发明权利要求所进行的等效变化和修改, 都应该属于本发明涵盖的范围。

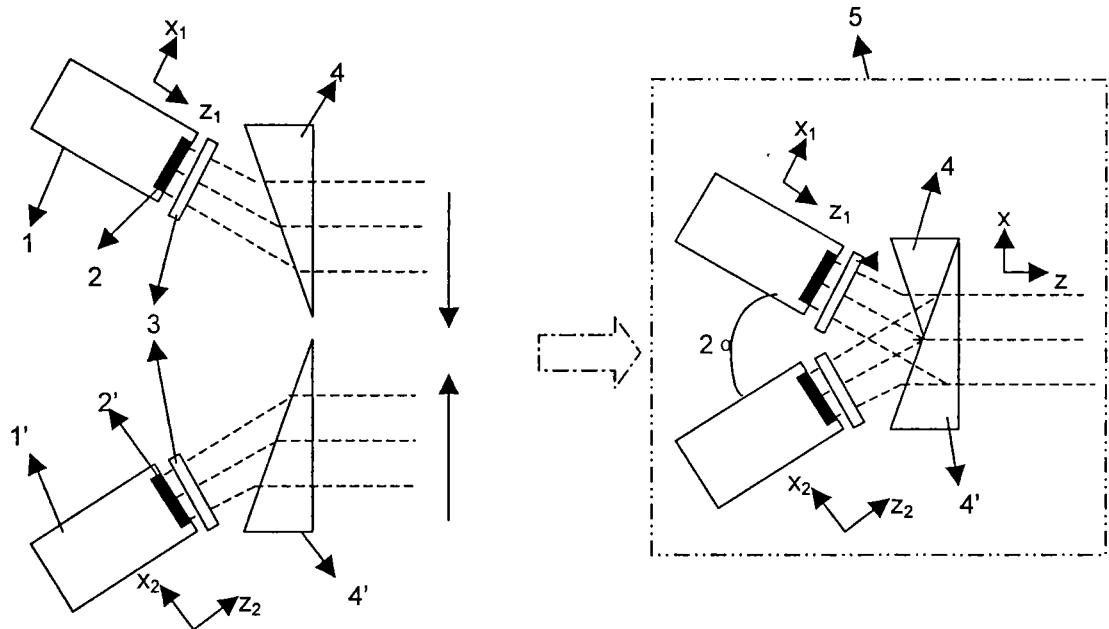


图 1 (a)

图 1 (b)

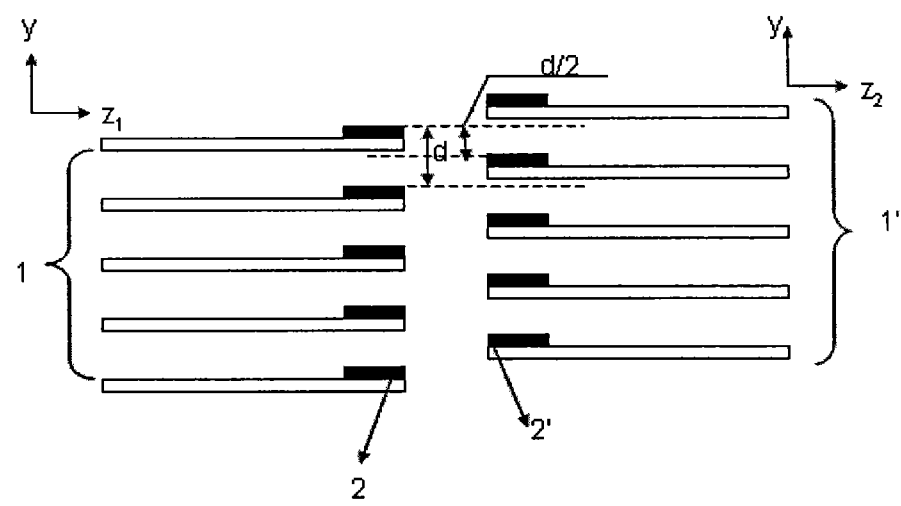


图 2

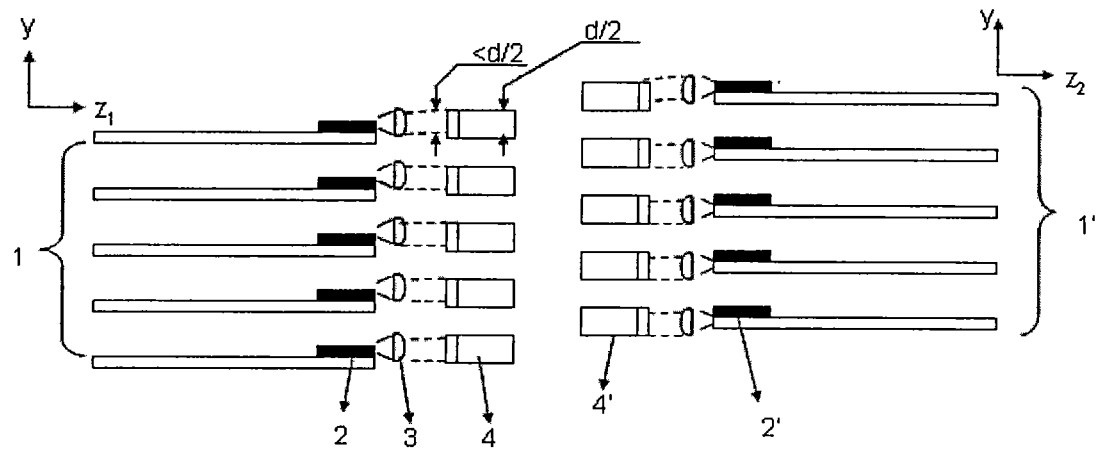


图 3

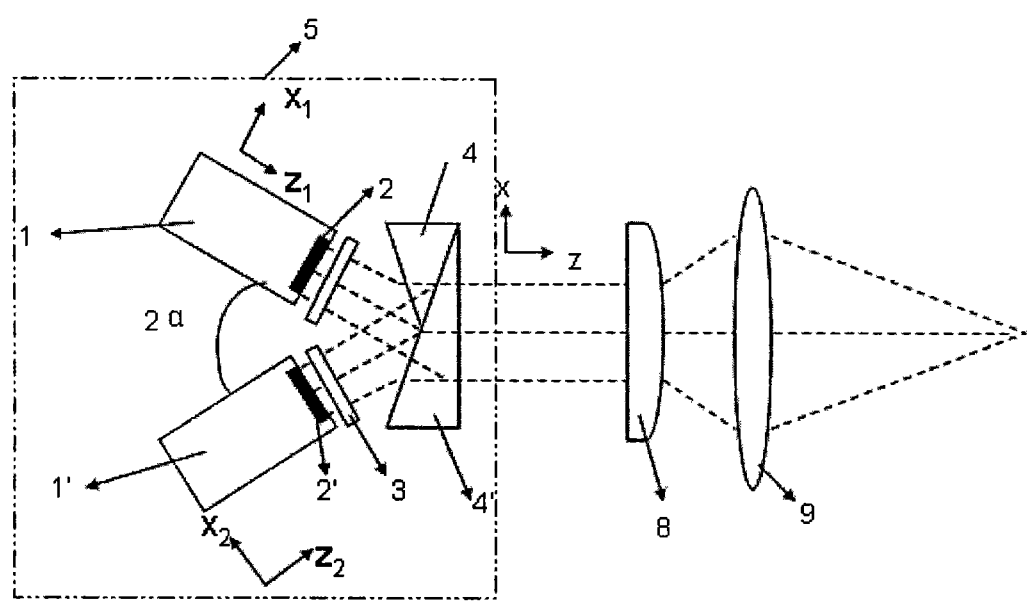


图 4

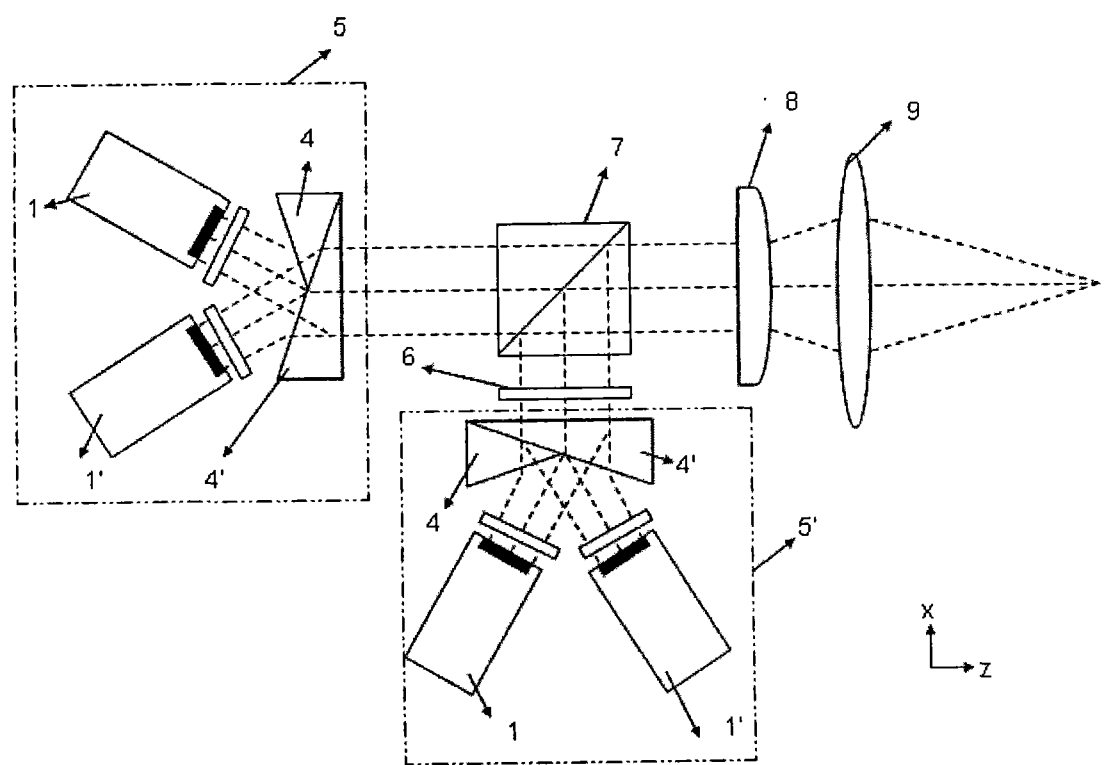


图 5

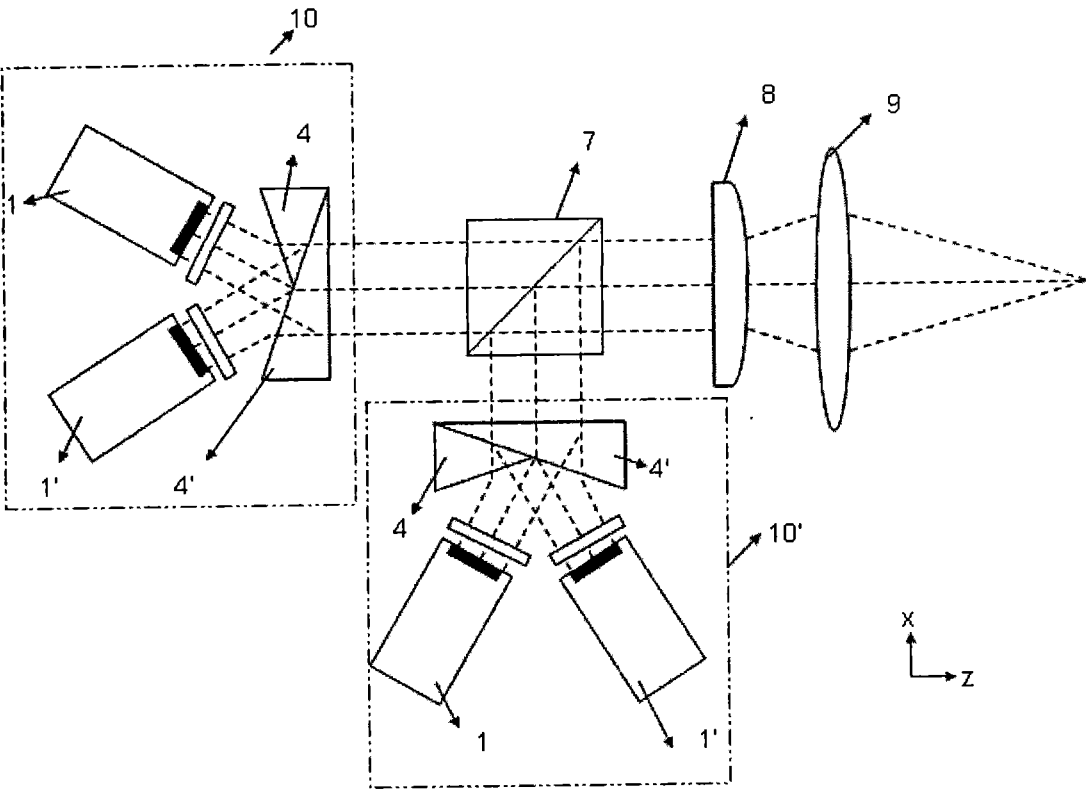


图 6

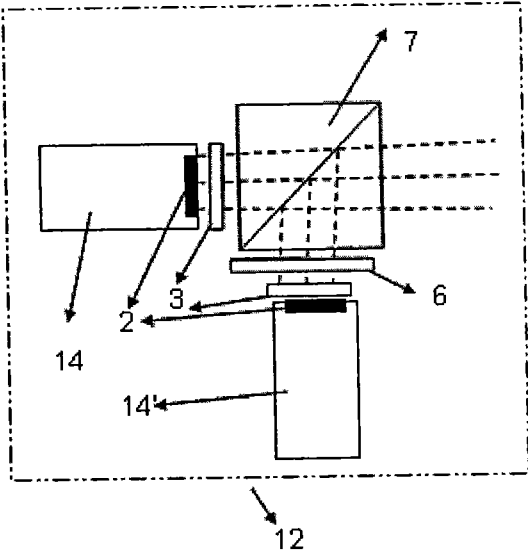


图 7

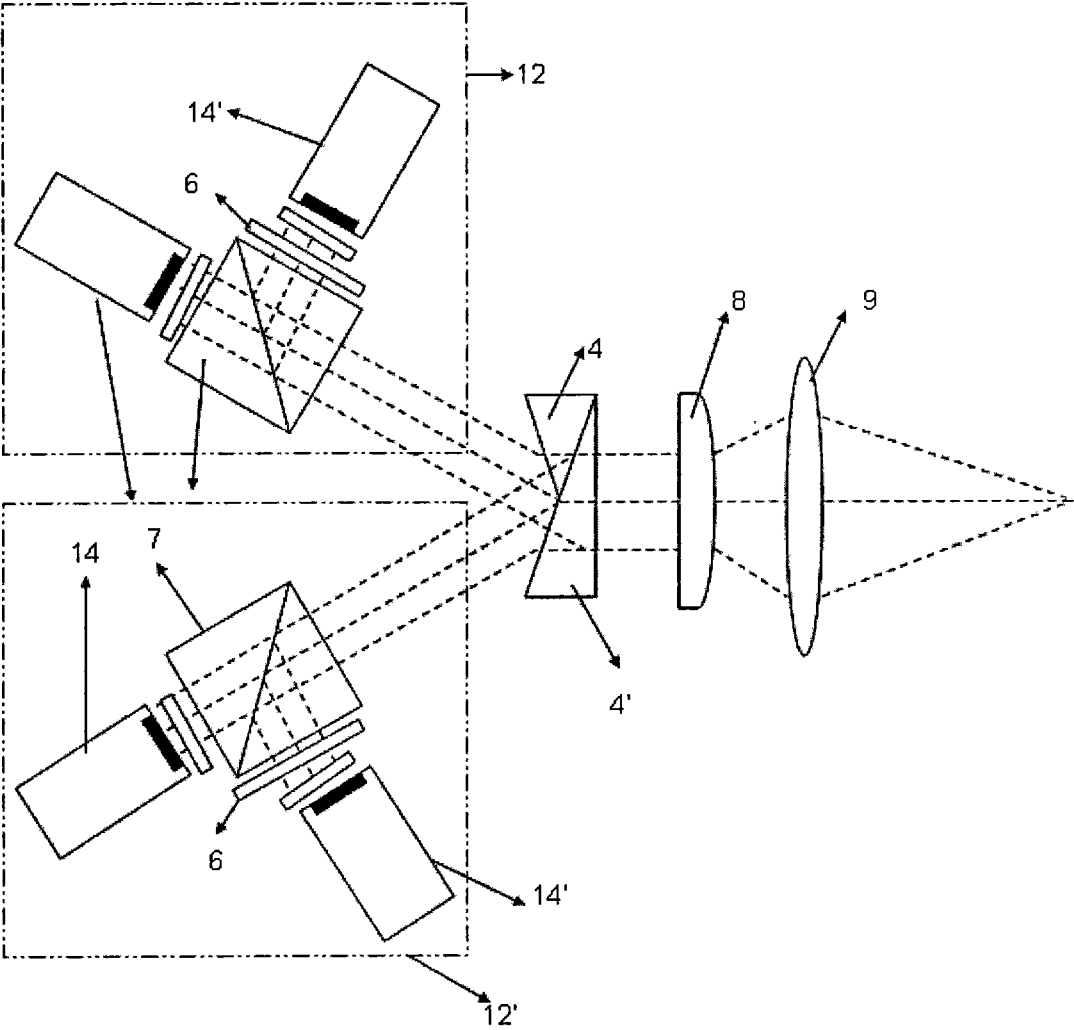


图 8

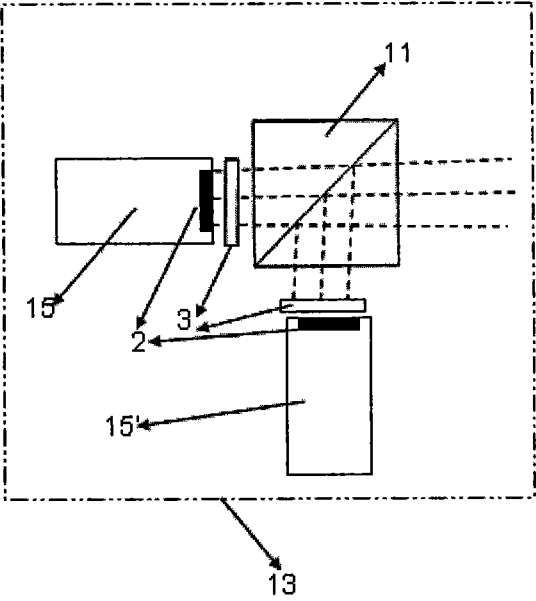


图 9

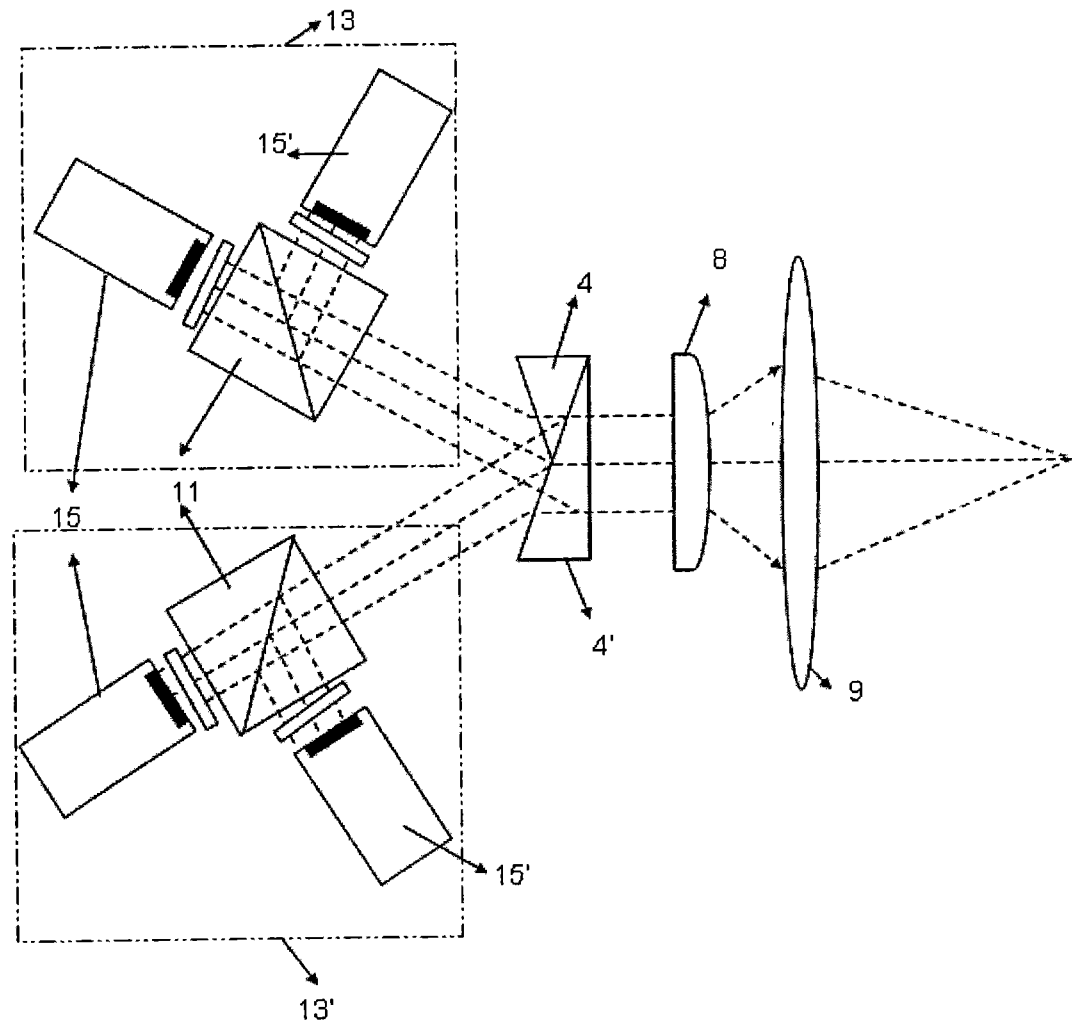


图 10

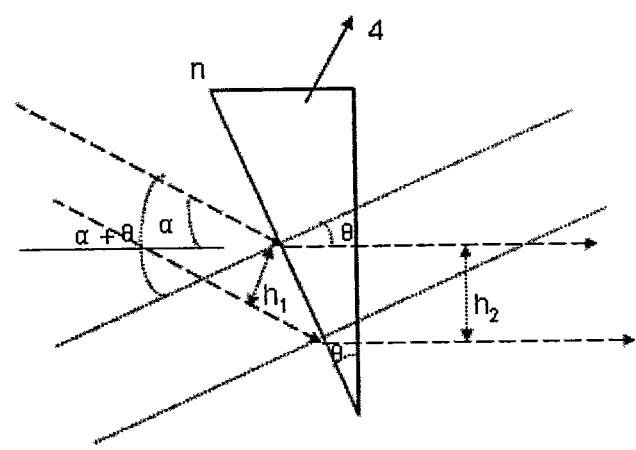


图 11

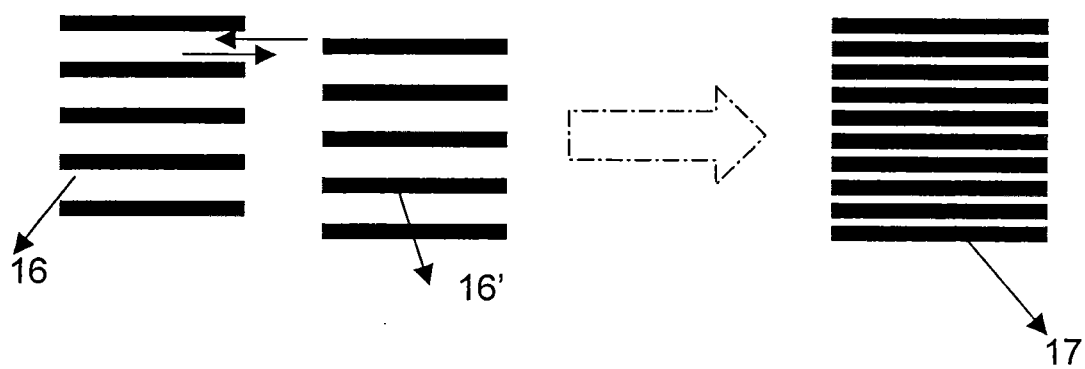


图 12