

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 27/09 (2006.01)

G02B 3/06 (2006.01)

H01S 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710056218.9

[43] 公开日 2008 年 3 月 19 日

[11] 公开号 CN 101144909A

[22] 申请日 2007.10.25

[21] 申请号 200710056218.9

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 冯广智 王立军 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

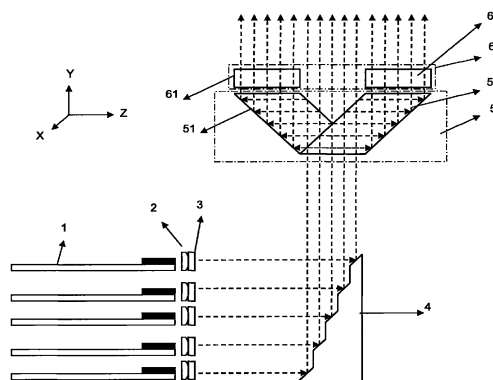
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种面阵半导体激光器的光束整形装置

[57] 摘要

本发明涉及一种面阵半导体激光器的光束整形装置，该装置包括快轴准直镜，慢轴准直镜，阶梯镜，第一平行六面体棱镜组，第二平行六面体棱镜组。面阵半导体激光器发出的光束经过快轴准直镜和慢轴准直镜分别降低了快轴发散角和慢轴发散角；再由阶梯镜去除 bar 条之间的发光空隙，并在快轴方向得到压缩；最后用第一平行六面体棱镜组和第二平行六面体棱镜组使部分光束沿快轴方向平移后，再沿慢轴方向平移。经过上述过程，光束被重新排列，达到了快慢轴光束质量趋于一致的目的。经过重新排列后的光束经过聚焦能够得到高功率高亮度的光斑。本发明所用的光学器件易于制造，结构简单，方便调节。



1、一种面阵半导体激光器的光束整形装置，其特征在于包括快轴准直镜（2），慢轴准直镜（3），阶梯镜（4），第一平行六面体棱镜组（5），第二平行六面体棱镜组（6）；所述的快轴准直镜（2）和慢轴准直镜（3）放置在面阵半导体激光器的光束输出端，分别用于降低快轴发散角和慢轴发散角；阶梯镜（4）放置在光束的光路上，用于去除 bar 条之间的发光空隙，并使光束在快轴方向得到压缩；第一平行六面体棱镜组（5）放置在阶梯镜（4）的反射光路上，用于使部分光束沿快轴方向平移；第二平行六面体棱镜组（6）放置在第一平行六面体棱镜组（5）的出射光路上，用于使沿快轴方向平移后的光束再沿慢轴方向平移。

2、根据权利要求 1 所述的面阵半导体激光器的光束整形装置，其特征在于所述的快轴准直镜（2）采用柱透镜、半柱透镜或渐变折射率透镜。

3、根据权利要求 2 所述的面阵半导体激光器的光束整形装置，其特征在于所述的慢轴准直镜（3）采用微柱透镜阵列。

4、根据权利要求 1 所述的面阵半导体激光器的光束整形装置，其特征在于所述的阶梯镜（4）构成每个台阶的两个面之间的夹角为 135° ，其中反射面与光束之间的夹角为 45° 。

5、根据权利要求 1 所述的面阵半导体激光器的光束整形装置，其特征在于所述的第一平行六面体棱镜组（5）由至少一个平行六面体棱镜构成。

6、根据权利要求 5 所述的面阵半导体激光器的光束整形装置，其特征在于所述的第二平行六面体棱镜组（6）由至少一个平行六面体棱镜构成。

7、根据权利要求 5 或 6 任一项权利要求所述的面阵半导体激光器的光束整形装置，其特征在于所述的平行六面体棱镜上有两个斜侧面；两个底面与两个斜侧面之间的夹角为 45° ，与另两个侧面垂直；阶梯镜（4）反射的光束由平行六面体棱镜的一个底面垂直入射，经过两个斜侧面的反射，再由另一底面垂直出射。

一种面阵半导体激光器的光束整形装置

技术领域

本发明涉及一种大功率面阵半导体激光器的光束整形装置。

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、医疗、军事、通讯等各个领域被广泛的应用。但是半导体激光器也有其与生俱来的缺陷，在垂直于 p-n 结平面方向（快轴方向）上有源层尺寸约为 $1\mu\text{m}$ ，光束发散角 $30^\circ\text{--}60^\circ$ ，在平行于 p-n 结平面方向（慢轴方向）上有源层的尺寸约为 $100\sim 200\mu\text{m}$ ，发散角 $6\text{--}10^\circ$ ，快慢轴束腰尺寸和发散角的不对称使得其光束质量相差很大，输出光束还具有严重的像散（快轴和慢轴方向上的束腰位置不在同一位置，距离一般超过 $40\mu\text{m}$ ），这都不利于光束聚焦得到小光斑。衡量光束质量，我们通常用光束参量积（BPP），其定义为激光束的束腰直径 ω_0 （一般采用半导体激光器件的有源层尺寸作为束腰直径的近似值）与发散角 θ （ $\text{FW1}/e^2$ ）的乘积，其单位为 $\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 。

金属切割、焊接、打孔等材料加工要求激光具有高功率高亮度。为了提高输出功率将多个 LD 集成为线性排列的 LD Bar 和进一步将 LD Bar 堆叠得到二维面阵（LD Stack）。由于单管半导体激光器快慢轴光束质量相差很大，因而二维面阵输出的光束也存在光束质量差、难以获得高亮度小光斑的问题。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种将二维面阵半导体激光器输出的光束重排，以提高光束质量，从而通过聚焦得到高亮度小光斑的面阵半导体激光器的光束整形装置。

为了解决上述技术问题，本发明的面阵半导体激光器的光束整形装置包括快轴准直镜，慢轴准直镜，阶梯镜，第一平行六面体棱镜组，第二平行六面体棱镜组；所述的快轴准直镜和慢轴准直镜放置在面阵半导体激光器的光束输出端，分别用于降低快轴发散角和慢轴发

角；阶梯镜放置在光束的光路上，用于去除 bar 条之间的发光空隙，并使光束在快轴方向得到压缩；第一平行六面体棱镜组放置在阶梯镜的反射光路上，用于使部分光束沿快轴方向平移；第二平行六面体棱镜组放置在第一平行六面体棱镜组的出射光路上，用于使沿快轴方向平移后的光束再沿慢轴方向平移。

所述的快轴准直镜采用柱透镜、半柱透镜或渐变折射率透镜。

所述的慢轴准直镜采用微柱透镜阵列。

所述的阶梯镜构成每个台阶的两个面之间的夹角为 135° ，其中反射面与光束之间的夹角为 45° 。

所述的第一平行六面体棱镜组由至少一个平行六面体棱镜构成。

所述的第二平行六面体棱镜组由至少一个平行六面体棱镜构成。

所述的平行六面体棱镜上有两个斜侧面；两个底面与两个斜侧面之间的夹角为 45° ，与另两个侧面垂直；阶梯镜反射的光束由平行六面体棱镜的一个底面垂直入射，经过两个斜侧面的反射，再由另一底面垂直出射后，平移了一段距离。通过改变平行六面体棱镜两个斜侧面的放置方向，可以使部分光束沿快轴或者慢轴方向平移，达到光束重新排列的目的。

本发明首先采用准直镜降低快轴发散角和慢轴发散角，使激光光束变为近平行光束；然后用阶梯镜去除 bar 条之间发光空隙，并使光束在快轴方向得到压缩；用平行六面体棱镜将部分光束沿快轴方向和慢轴方向平移，使半导体激光面阵光束重新排列，达到快慢轴光束质量趋于一致的目的。经过重新排列后的光束经过聚焦能够得到高亮度的小光斑。本发明所用的光学器件易于制造，结构简单，方便调节。

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

附图说明：

图 1 为本发明结构示意图。图中 1 为激光器，2 为快轴准直镜，3 为慢轴准直镜，4 为阶梯镜，5 为第一平行六面体棱镜组，6 为第二平行六面体棱镜组，51、52、61、62 为平行六面体棱镜。

图 2 为平行六面体棱镜立体图。

图 3 为光束经过第一平行六面体棱镜组发生快轴方向平移示意图。图中 51、52、61、62 为平行六面体棱镜。

图 4 为光束经过第二平行六面体棱镜组发生慢轴方向平移示意图。图中 51、52、61、62 为平行六面体棱镜。

图 5 光束经过阶梯镜、第一平行六面体棱镜组和第二平行六面体棱镜组光束变化过程示意图。

具体实施方式

如图 1 所示,本发明的面阵半导体激光器的光束整形装置包括快轴准直镜 2,慢轴准直镜 3,阶梯镜 4,第一平行六面体棱镜组 5,第二平行六面体棱镜组 6。

面阵半导体激光器出射的光束沿 Z 轴方向传播;光束未经阶梯镜 4 改变方向前,快轴方向即图中 1 所示的 Y 轴方向,慢轴方向即图中 1 所示的 X 轴方向;光束经阶梯镜 4 改变方向后,快轴方向即图中 1 所示的 Z 轴方向,慢轴方向即图中 1 所示的 X 轴方向。

所述的快轴准直镜 2 采用柱透镜、半柱透镜或渐变折射率透镜;所述的慢轴准直镜 3 采用微柱透镜阵列。快轴准直镜 2 和慢轴准直镜 3 相接触,两者放置在面阵激光器光束输出端,分别用于降低快轴发散角和慢轴发散角,使激光光束变为近平行光束。

所述的阶梯镜 4 构成每个台阶的两个面之间的夹角为 135° 。该阶梯镜 4 放置在激光光束的光路上,各台阶的棱与光束的慢轴为同一个方向,即沿 X 轴方向延伸。光束经过阶梯镜 4 反射后,其传播方向转过 90° 角,即光束沿 Y 轴方向传播,并且去除了 bar 条之间的发光空隙,同时在快轴方向得到压缩。

以 20 条 LD Bar 组成的半导体激光面阵为例,每个 LD Bar 由 49 个单管半导体激光器组成,每个单管的长度为 $100\ \mu\text{m}$,相邻单管之间的距离为 $200\ \mu\text{m}$,各 Bar 条的间距为 1.8mm 。激光在垂直于 p-n 结平面方向(快轴方向)上有源层尺寸约为 $1\ \mu\text{m}$,发散角为 38° ;在平行于 p-n 结平面方向(慢轴方向)上有源层的尺寸约为 $100\ \mu\text{m}$,发散角为 10° ,Bar 长 10mm 。面阵半导体激光的快轴方向光束总高度 34.2mm 。可计算得出:

$$\text{BPP}_{\text{fast}} = 0.001\text{mm} \times 38^\circ \times 17.45 \times 20 = 12.662\text{mm} \cdot \text{mrad}$$

$$BPP_{slow}=0.1\text{mm}\times 10^{\circ}\times 17.45\times 49=855.05\text{mm}\cdot\text{mrad}$$

经过半柱透镜的快轴准直后，快轴发散角降低到8mrad，快轴单Bar光束尺寸变为0.6mm，快轴光参量积：

$$BPP_{fast}=0.6\text{mm}\times 8\text{mrad}\times 20=96\text{mm}\cdot\text{mrad}$$

用微透镜阵列对光束慢轴进行准直，准直后的发散角约在90mrad，慢轴光束尺寸为10mm。慢轴光束参量积为：

$$BPP_{slow}=10\text{mm}\times 90\text{mrad}=900\text{mm}\cdot\text{mrad}$$

快慢轴准直后的近平行光束在阶梯镜4上反射，去除了Bar条间的发光空隙，并使快轴光束尺寸变为12mm，为原来的三分之一，光能量分布更加均匀化，如图1所示。

通过下式可以得出光束在慢轴方向需要被分割的段数：

$$N=\sqrt{BPP_{slow} / BPP_{slow}}$$

按照上式计算可知，面阵半导体激光器的光束应沿慢轴方向分割成左、中、右三个部分，对于10mm长的LD Bar，每个部分的宽度就是3.33mm；用来将左、右两部分光束沿快轴方向移动的第一平行六面体棱镜组5由两个平行六面体棱镜51、52组成，用来将左、右两部分光束沿慢轴方向移动的第二平行六面体棱镜组6由两个平行六面体棱镜61、62组成，中间部分光束不动；如图2所示，平行六面体棱镜51、52的厚度应该等于每个部分的宽度，即 $d=3.33\text{mm}$ ，高度等于光束在快轴方向的尺寸，即 $h=12\text{mm}$ 。平行六面体棱镜的底面 $AA'CC'$ 、 $BB'DD'$ 与两个斜侧面 $AA'BB'$ 、 $CC'DD'$ 之间的夹角为 45° ；底面 $AA'CC'$ 、 $BB'DD'$ 与另两个侧面 $ABCD$ 、 $A'B'C'D'$ 垂直。

如图3所示，光束的左部分由平行六面体棱镜51的底面 $AA'CC'$ 垂直入射，经过斜侧面 $CC'DD'$ 和斜侧面 $AA'BB'$ 两次反射后，由底面 $BB'DD'$ 垂直出射，光束的左部分沿快轴方向向上平移了12mm。光束的右部分由平行六面体棱镜52的底面 $AA'CC'$ 垂直入射，经过斜侧面 $CC'DD'$ 和斜侧面 $AA'BB'$ 两次反射后，由底面 $BB'DD'$ 垂直出射，光束的右部分沿快轴方向向下平移了12mm。这样光束被分割为三部分，如图5(c)所示。

如图4所示，用平行六面体棱镜61、62继续平移光束，使三部分光束在快轴方向层叠。

平行六面体棱镜 61、62 的厚度 $d=12\text{mm}$ ，高度 $h=3.33\text{mm}$ 。平行六面体棱镜 51 底面 $BB'DD'$ 出射的左部分光束由平行六面体棱镜 61 的底面 $AA'CC'$ 垂直入射，经过斜侧面 $CC'DD'$ 和斜侧面 $AA'BB'$ 两次反射后，由底面 $BB'DD'$ 垂直出射。平行六面体棱镜 52 底面 $BB'DD'$ 出射的右部分光束由平行六面体棱镜 62 的底面 $AA'CC'$ 垂直入射，经过斜侧面 $CC'DD'$ 和斜侧面 $AA'BB'$ 两次反射后，由底面 $BB'DD'$ 垂直出射。这样，如图 5 (c)、5 (d) 所示，光束的左部分沿慢轴方向向右平移了 3.33mm ，光束的右部分沿慢轴方向向左平移了 3.33mm ，三部分光束在快轴方向层叠。

分割重排后慢轴光束质量降低了为原来的三分之一，快轴光束质量变为原来的三倍：

$$BPP_{\text{fast}}=96 \times 3=288\text{mm} \cdot \text{mrad}$$

$$BPP_{\text{slow}}=900/3=300\text{mm} \cdot \text{mrad}$$

如此，快慢轴光束质量趋于一致。实际上，经计算 15-25 层的半导体激光面阵，分割成三份，都可以达到很好的整形效果。

用球透镜对重排后的光束聚焦，就可以得到高亮度的小光斑。

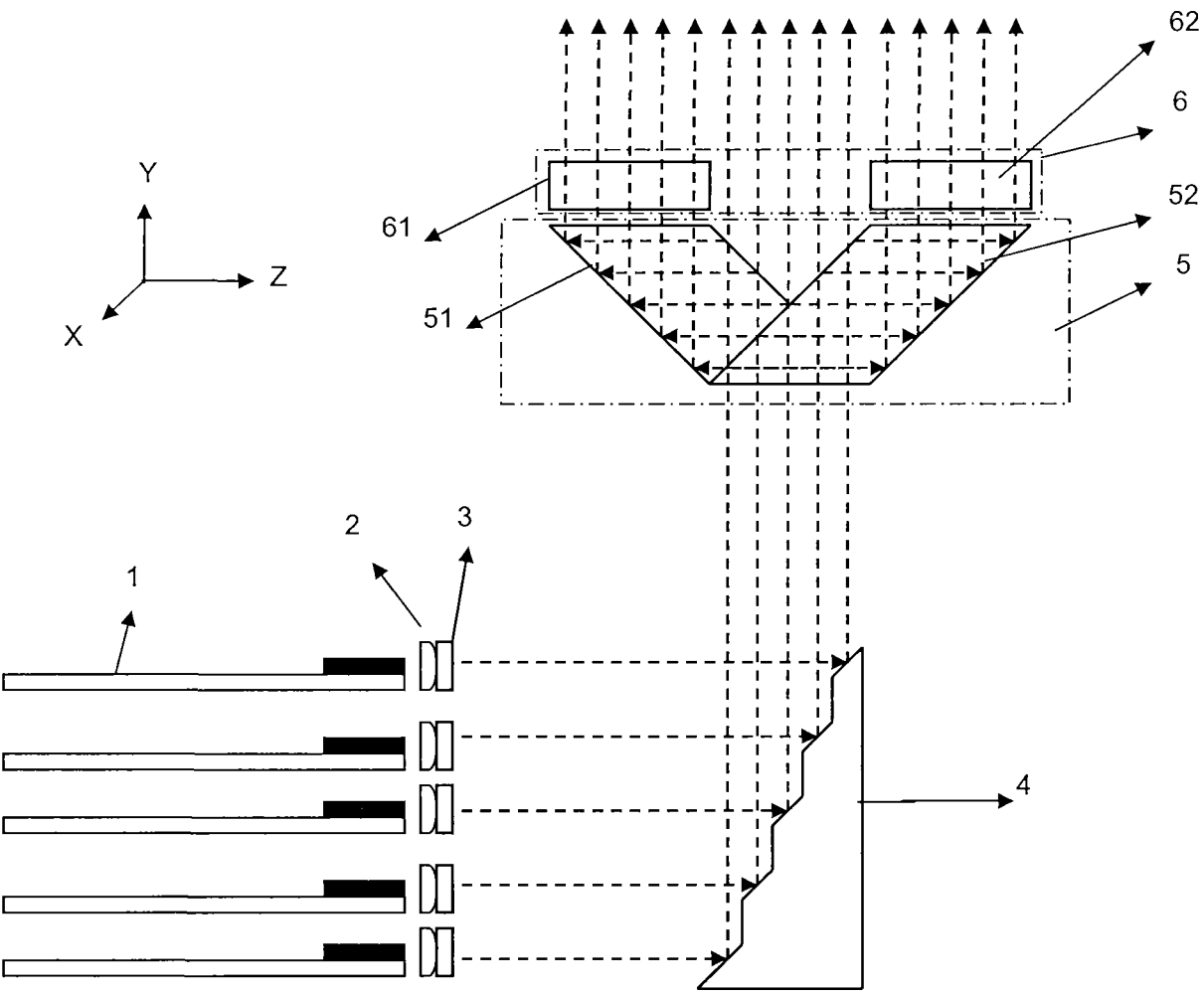


图 1

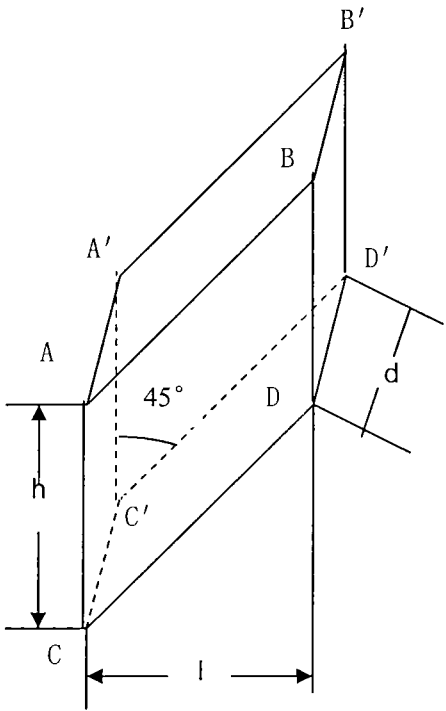


图 2

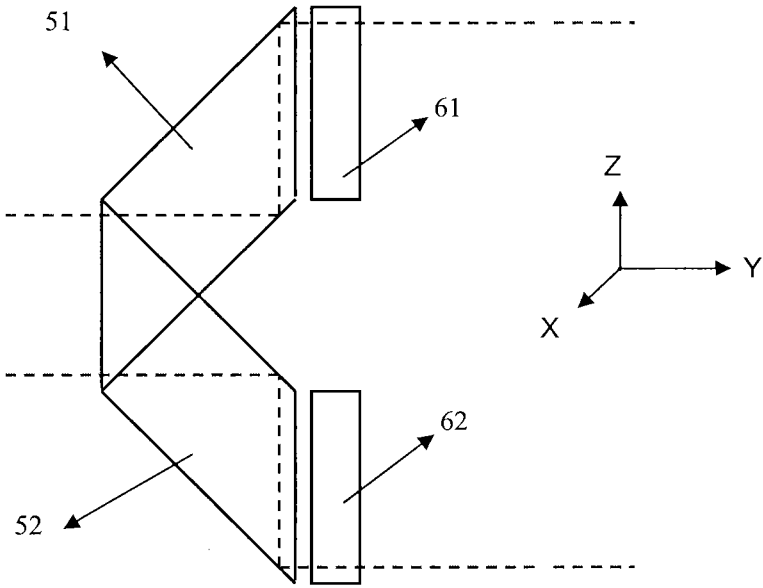


图 3

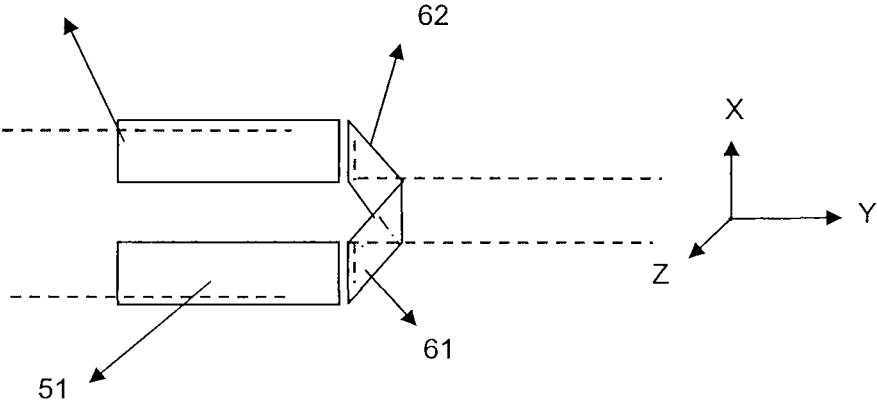


图 4

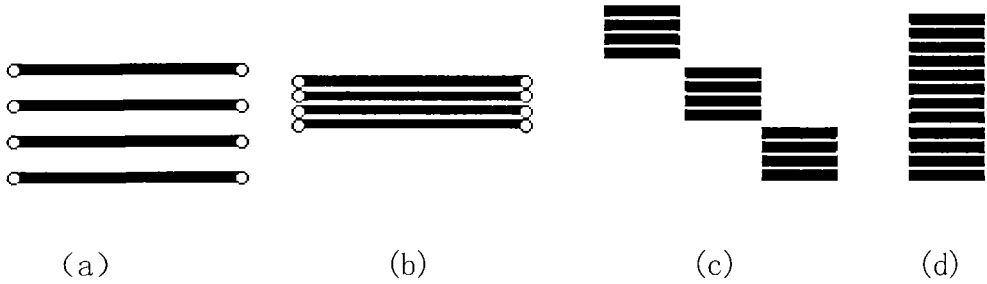


图 5