

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 27/09

G02F 1/35

H01S 5/40



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510016666.7

[43] 公开日 2005 年 11 月 16 日

[11] 公开号 CN 1696764A

[22] 申请日 2005.3.30

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司

[21] 申请号 200510016666.7

代理人 梁爱荣

[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 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

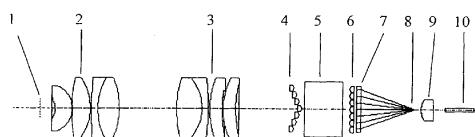
[72] 发明人 李丽娜 史光辉 王立军 尹红贺
刘君

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称 用于高功率半导体激光列阵的光束
整形装置

[57] 摘要

本发明涉及半导体激光列阵光束整形装置的结构设计。包括：激光列阵 1、第一透镜组 2、第二透镜组 3、第一平凸透镜组 4、快轴压缩柱透镜 5、第二平凸透镜组 6、光纤列阵 7、光纤束 8、聚焦透镜 9、光纤 10；本发明采用了双远心光学结构，解决了设计和制作均十分困难、耦合效率较低的问题，使得设计和制作比较简单易行，本发明设计出新型的相对简单的微光学系统以保证较高的耦合效率。由于本发明采用了光纤列阵和光纤束的技术方案，将一维阵列排列光束变为圆形光束并进入一根光纤，本发明实现了高功率、高亮度、高质量和数值孔径小的光束输出，提供用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置。



ISSN 1008-4214

1、用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置，包括：激光列阵（1），其特征在于：在光束传播方向依次放置激光列阵（1）、第一透镜组（2）、第二透镜组（3）、第一平凸透镜组（4）、快轴压缩柱透镜（5）、第二平凸透镜组（6）、光纤列阵（7）、光纤束（8）、聚焦透镜（9）、光纤（10）；激光列阵（1）各发光单元发射数条光束，经过第一透镜组（2）对数条光束进行消像差、聚焦使椭圆形光斑会聚成毫米级圆光斑，第二透镜组（3）的焦点在会聚光斑处与第一透镜组（2）形成双远心光学结构，激光列阵（1）各发光单元发射的数条光束经过双远心光学结构后，使数条光束的快、慢轴的发散角均被压缩成小数值孔径光束，第二透镜组（3）输出端面输出的小数值孔径光束之间的距离变大使每条光束与第一平凸透镜组（4）中的平凸透镜一一对应；在第一平凸透镜组（4）与第二平凸透镜组（6）之间安置有快轴压缩柱透镜（5），第一平凸透镜组（4）与第二平凸透镜组（6）相互对应放置，第一平凸透镜组（4）的凸形面放置于靠近快轴压缩柱透镜（5）的一面并按弧形形状排列，第一平凸透镜组（4）的平面放置于靠近第二透镜组（3）的一面，第一平凸透镜组（4）光轴与光束传播方向平行，第一平凸透镜组（4）输出光束为平行光，经快轴压缩柱透镜（5）后进入第二平凸透镜组（6），第二平凸透镜组（6）的凸形面靠近快轴压缩柱透镜（5）的另一面，第二平凸透镜组（6）的平面靠近光纤列阵（7）并按一维阵列排列，第二平凸透镜组（6）的光轴与光束传播方向平行，第二平凸透镜组（6）中平凸透镜输出微米级圆光斑；光纤列阵（7）的光纤输入端按一维阵列排列与第二平凸透镜组（6）中的输出端一一对应相对放置；将光纤列阵（7）的输出端集成一束光纤束（8），光纤束（8）的输出端面与聚焦透镜（9）的输入端面相对放置，聚焦透镜（9）的输出端面与光纤（10）的输入端面相对放置，使数条光束聚焦成一个光斑进入一根光纤（10）。

2、用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置，其特征在于：

第一透镜组（2）由第一凹凸透镜（11）、第一双凸透镜（12）、第一凸凹透镜（13）和第二双凸透镜（14）组成并沿光束传播方向依次放置，第一凹凸透镜（11）的凹面靠近激光列阵（1）的输出端，第一凹凸透镜（11）的凸面靠近第一双凸透镜（12）的输入面，第一双凸透镜（12）的输出面靠近第一凸凹透镜（13）的凸面，第一凸凹透镜（13）的凹面与第二双凸透镜（14）凸形输入面胶合在一起，第二双凸透镜（14）的凸形输出面靠近第三双凸透镜（15）的凸形输入面。

3、用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置，其特征在于：

第二透镜组（3）由第三双凸透镜（15）、第二凹凸透镜（16）、第二凸凹透镜（17）、第三凸凹透镜（18）组成并沿光束传播方向依次放置，第三双凸透镜（15）的凸形输出面与第二凹凸透镜（16）的凹面胶合，第二凹凸透镜（16）的凸面靠近第二凸凹透镜（17）的凸面，第二凸凹透镜（17）的凹面靠近第三凸凹透镜（18）的凸面，第三凸凹透镜（18）的凹面靠近第一平凸透镜组（4）的平面。

用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置

技术领域：

本发明属于半导体激光器领域，涉及半导体激光列阵光束整形装置的结构设计。

背景技术：

半导体激光列阵由于具有体积小、重量轻、寿命长、功率高等优点，在军事、工业和医疗等领域有广阔的应用前景和巨大的潜在市场，因而已成为世界各国竞相追逐的研究热点。但是由于半导体激光列阵固有的结构缺陷，其各发光单元输出光束质量很差，具体表现为：各发光单元在垂直于 p-n 结方向（快轴）的发散角为 $30^\circ \sim 40^\circ$ ，平行于 p-n 结方向（慢轴）的发散角为 $7^\circ \sim 10^\circ$ 。由于垂直于 p-n 结方向和平行于 p-n 结方向上有不同的发散角和严重的像散以及光斑极度不对称呈椭圆形光斑，这严重阻碍了半导体激光列阵的实际应用。为了克服这一障碍，提高半导体激光列阵的输出光束质量，必须进行光束整形以获得发散角和光斑直径均很小的对称光斑。

目前，有两种比较成熟的光束整形技术。其中一种涉及到多个光纤，具体实施方式是：将各光纤的一端（耦合端）与半导体激光列阵中的发光单元一一对应以进行光束耦合，另一端（输出端）则汇聚成一束以获得圆对称的输出光斑。考虑到各发光单元垂直 PN 结方向上的光束发散角一般要大于与光纤数值孔径对应的最大光线接收角，通常需要在光纤列阵和半导体激光列阵之间加一个圆柱透镜，或者将所有光纤的耦合端端面制成半球形。这种耦合技术相对简单且效率较高，一般在 80%-90% 之间，但是光纤的数值孔径最小的一般在 0.11~0.22 左右，发散角为 $9.21^\circ \sim 12.71^\circ$ ，其光纤输出的光束发散角较大。因此，尽管这种技术能够获得较高的输出功率，但还需进一步准直。

另外一种技术只涉及到一根光纤，具体实施方式是：首先利用微

柱透镜压缩各发光单元在垂直 PN 结方向上的较大光束发散角，然后利用特殊设计的非成像微光学系统使各发光单元的输出光束旋转90°并相互靠近，从而获得一个近似对称的矩形光斑，最后通过汇聚透镜将光束耦合进入一根直径为400 μm 或600 μm 的光纤。理论上，这种技术的耦合效率可达 90%以上，但实际上由于微光学系统的结构过于复杂，设计和制作均十分困难，耦合效率一般只有 65%左右，很难再进一步得到提高。

发明内容：

显然，背景技术要么输出发散角较大，要么设计和制作均十分困难，耦合效率较低，很难同时实现高功率、高亮度和数值孔径小的高质量光束输出。本发明的目的就是在保证输出功率高、光束数值孔径小的基础上，解决半导体激光列阵的输出光束质量问题，并同时获得高功率和高质量光束输出。为此，本发明将要提供一种用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置。

本发明包括：激光列阵、第一透镜组、第二透镜组、第一平凸透镜组、快轴压缩柱透镜、第二平凸透镜组、光纤列阵、光纤束、聚焦透镜、光纤。在光束传播方向依次放置激光列阵、第一透镜组、第二透镜组、第一平凸透镜组、快轴压缩柱透镜、第二平凸透镜组、光纤列阵、光纤束、聚焦透镜、光纤；激光列阵各发光单元发射数条光束，每条光束在垂直于 p-n 结方向（快轴）的发散角约 30°~40°，平行于 p-n 结方向（慢轴）的发散角约 7°~10°，经过第一透镜组对数条光束进行消像差、聚焦使椭圆形光斑会聚成毫米级圆光斑，第二透镜组的焦点在会聚光斑处与第一透镜组形成双远心光学结构，放大倍数为 2.5 倍；激光列阵各发光单元发射的数条光束经过双远心光学结构后，使数条光束的快、慢轴的发散角均被压缩成小数值孔径光束，第二透镜组输出端面输出的小数值孔径光束之间的距离变大使每条光束与第一平凸透镜组中的平凸透镜一一对应；在第一平凸透镜组与第二平凸透镜组之间安置有快轴压缩柱透镜，第一平凸透镜组与第二平凸透镜组相互对应放置，第一平凸透镜组的凸形面放置于靠近快轴压缩柱

透镜的一面并按弧形形状排列，第一平凸透镜组的平面放置于靠近第二透镜组的一面，第一平凸透镜组光轴与光束传播方向平行，第一平凸透镜组中的每个平凸透镜输出的光束为平行光，经快轴压缩柱透镜后进入第二平凸透镜组，第二平凸透镜组的凸形面靠近快轴压缩柱透镜的另一面，第二平凸透镜组的平面靠近光纤列阵并按一维阵列排列，第二平凸透镜组的光轴与光束传播方向平行，第二平凸透镜组中平凸透镜输出微米级圆光斑；光纤列阵的光纤输入端按一维阵列排列与第二平凸透镜组中的输出端一一对应相对放置；将光纤列阵的输出端集成一束光纤束，光纤束的输出端面与聚焦透镜的输入端面相对放置，聚焦透镜的输出端面与光纤的输入端面相对放置，使数条光束聚焦成一个光斑进入一根光纤，使激光列阵实现高功率、高亮度数值孔径小的高质量光束输出，则完成用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置的制作。

本发明的优点：为了解决背景技术设计和制作均十分困难，耦合效率较低，很难同时实现高功率、高亮度和数值孔径小的高质量光束输出的问题，本发明采用了双远心光学结构，解决了设计和制作均十分困难，耦合效率较低的问题，使得设计和制作比较简单易行，本发明设计出新型的相对简单的微光学系统以保证较高的耦合效率。由于本发明采用了光纤列阵和光纤束的技术方案，将一维阵列排列光束变为圆形光束并进入一根光纤，解决了很难同时实现高功率、高亮度和数值孔径小的高质量光束输出的问题，本发明实现了高功率、高亮度、高质量和数值孔径小的光束输出，提供用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置。

附图说明：

图1是本发明中光束整形装置结构示意图，也是摘要附图。

图2是第一透镜组结构示意图

图3是第二透镜组结构示意图

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，但本发明不限于这

些实施例。

如图1所示包括：激光列阵1、第一透镜组2、第二透镜组3、第一平凸透镜组4、快轴压缩柱透镜5、第二平凸透镜组6、光纤列阵7、光纤束8、聚焦透镜9、光纤10。

实施例1：

第一透镜组2由第一凹凸透镜11、第一双凸透镜12、胶合透镜即第一凸凹透镜13和第二双凸透镜14组成；在光束传播方向依次放置第一凹凸透镜11、第一双凸透镜12、胶合透镜即第一凸凹透镜13和第二双凸透镜14，第一凹凸透镜11的凹面靠近激光列阵1的输出端，第一凹凸透镜11的凸面靠近第一双凸透镜12的输入面，第一双凸透镜12的输出面靠近第一凸凹透镜13的凸面，第一凸凹透镜13的凹面与第二双凸透镜14凸形输入面胶合在一起，第二双凸透镜14的凸形输出面靠近第三双凸透镜15的凸形输入面。

第二透镜组3由胶合透镜即第三双凸透镜15和第二凹凸透镜16、第二凸凹透镜17、第三凸凹透镜18组成，在光束传播方向依次放置第三双凸透镜15和第二凹凸透镜16、第二凸凹透镜17、第三凸凹透镜18，第三双凸透镜15的凸形输出面与第二凹凸透镜16的凹面胶合，第二凹凸透镜16的凸面靠近第二凸凹透镜17的凸面，第二凸凹透镜17的凹面靠近第三凸凹透镜18的凸面，第三凸凹透镜18的凹面靠近第一平凸透镜组4的平面。

第一平凸透镜组4由数个相同的平凸透镜组成，本实施例采用七个平凸透镜，平凸透镜的平面按凹弧形排列，平凸透镜的凸形面按凸弧形形状排列。快轴压缩柱透镜5输入面为凸柱面、输出面为凹柱面。

第二平凸透镜组6由数个相同的平凸透镜组成，平凸透镜按一维阵列排列、输入面为凸形面、输出面为平面。聚焦透镜9为平凸透镜输入面为凸面、输出面为平面。光纤10为石英光纤。

本发明使用的器件为808 nm无铝量子阱大功率激光列阵有七个发光单元、各发光单元的条宽150 μm、周期500 μm，发光区面积为4050 μm×1 μm，室温连续输出光功率为14 W。

七个发光单元发射的每条光束在垂直于激光列阵的 p-n 结方向（快轴）的发散角为 30°或 35°或 40°；当发散角为 35°时，其数值孔径为 0.5736；平行于激光列阵 1 的 p-n 结方向（慢轴）的发散角为 7°或 8°或 9°或 10°；当发散角为 7°时，其数值孔径为 0.12；经过第一透镜组 2 对七条光束进行消像差、聚焦使其会聚成 1600 μm 的会聚光斑，第二透镜组 3 的焦点既为 1600 μm 的会聚光斑，使第二透镜组 3 与第一透镜组 2 形成双远心光学结构，放大倍数为 2.5 倍。激光列阵 1 的七个发光单元发射的七条光束经过双远心光学结构后，发散角为 35°的快轴数值孔径被压缩成为 0.229、发散角为 7°的慢轴数值孔径被压缩成为 0.048 的小数值孔径光束，小数值孔径光束经过第一平凸透镜组 4 输出平行光，再经快轴压缩柱透镜 5 后进入第二平凸透镜组 6，由第二平凸透镜组 6 输出的微米级圆光斑光束直径为 200 μm、数值孔径 0.06。把七条微米级圆光斑直径为 200 μm、数值孔径为 0.06 的激光光束耦合进入一个有七根芯径为 200 μm 的光纤列阵 7 中，并集成为光纤束 8 其直径为 750 μm，再经过聚焦透镜 9 使直径为 750 μm 光纤束 8 聚焦成为一个直径为 400 μm、数值孔径 0.099 (5.68°) 的均匀光斑并进入 400 μm 或 600 或 800 或 1000 μm 的石英光纤 10，光纤输出耦合效率可达 75%。使激光列阵实现高功率、高亮度数值孔径小的高质量光束输出，则完成用于高功率半导体激光列阵的光束整形装置的制作。

实施例 2

本发明用于大功率激光列阵时，激光列阵 1 可采用十九个发光单元的激光列阵、每个发光单元条宽 150 μm、周期 500 μm、发光区面积为 10 mm×0.001 mm，室温连续输出光功率为 40 W，在垂直于激光列阵 p-n 结方向（快轴）的发散角为 35°、数值孔径是 0.5736，平行于激光列阵 p-n 结方向（慢轴）的发散角为 7°、数值孔径为 0.12，其它参数与实施例 1 相同。

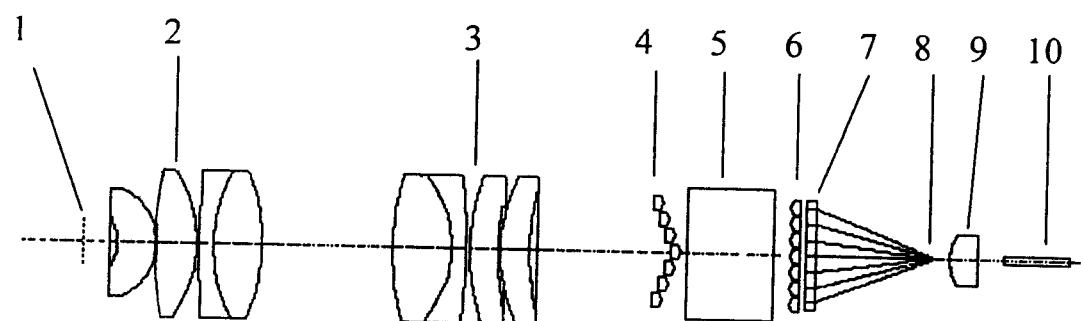


图 1

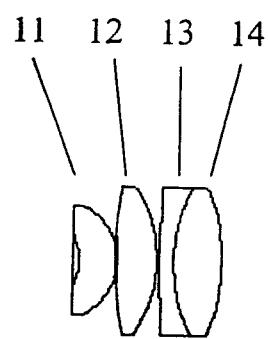


图 2

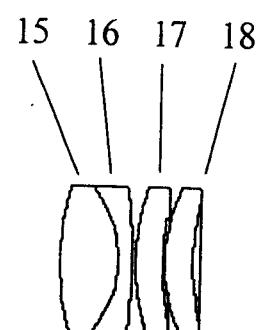


图 3