

文章编号:1004-4213(2010)07-1229-6

多线阵半导体激光器的单光纤耦合输出*

高欣,薄报学,乔忠良,芦鹏,王玉霞,李辉,曲轶

(长春理工大学 高功率半导体激光国家重点实验室,长春 130022)

摘要:设计并研制了一种多线阵半导体激光器的高亮度光纤耦合输出模块.激光器芯片采用了分子束外延方法生长的宽波导、双量子阱结构 AlGaAs/GaAs 激光器外延材料,激光器模块采用 6 只准直的线阵半导体激光器,器件腔长为 1.2 mm,单个发光单元宽度为 100 μm ,发光单元周期为 500 μm ,单线阵器件包括 19 个发光单元,单线阵器件的连续输出功率为 50 W,每只单线阵器件的准直输出光束经过空间合束后再通过光束对称化变换实现了多线阵器件输出的高光束质量功率合成,采用平凸柱透镜实现了合束光束与 400 μm 芯径、数值孔径 0.22 石英光纤的高效率耦合,整体耦合效率达到 65%,最大耦合输出功率达到 195 W,光纤端面功率密度达到 $1.55 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$.

关键词:线阵半导体激光器;光纤耦合;空间合束;光束变换

中图分类号:TN248.4

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103907.1229

0 引言

从 20 世纪 80 年代开始,随着量子阱结构半导体激光器技术的迅速发展,应用于固体激光器泵浦、材料处理、医疗等方面的近红外(780~1 000 nm)高功率半导体激光器得到了快速发展^[1-5],光纤耦合大功率半导体激光器由于极大地改善了自由出射半导体激光器光束对称性差、光斑不均匀等不利因素而成为器件制造的关键技术之一.为了实现光纤耦合半导体激光器的大功率、高亮度输出已经发展了多种激光合束与整形技术^[6-10].以线阵半导体激光器作为基本光源模块进行光纤耦合具有结构紧凑、装配简单的优点.美国 Apollo Instruments 采用错位棱镜片堆进行线阵激光器对称化变换(德国 Fraunhofer 激光技术研究所最早采用),研制的 F14-XXX-1 光纤耦合半导体激光器功率密度达到 $1.5 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$,亮度达到 1 MW/cm^2 str,该公司制造的多线阵光纤耦合半导体激光器最大输出功率可达 500 W(600 μm 、NA0.22)^[11].德国 Limo 公司采用 45° 倾斜柱透镜阵列实现线阵半导体激光器的光束对称化变换,加工难度大,依该项技术制成的耦合用光学模块售价昂贵,该公司目前也已经能够提供最大功率 400 W(600 μm 、NA0.22)的光纤耦合输出半导体激光器.

本文在研制大功率阵列半导体激光器的基础上,设计并研制了一种 6 只线阵半导体激光器合束

的高亮度光纤耦合输出激光器模块,实现了器件的高效率光纤耦合输出,为实现高亮度光纤耦合半导体激光器的更大功率输出奠定了良好基础.

1 结构与实验制备

1.1 耦合结构设计

图 1 为设计的多线阵半导体激光器实现单光纤耦合的原理框图,其中 FC 代表快轴准直,SC 代表慢轴准直.首先,多个 Cu 微通道封装的单线阵半导体激光器经过快轴准直后,通过叠层封装实现多线阵半导体激光器的空间合束和功率叠加;叠层光束经过一组慢轴准直透镜实现输出光束慢轴方向的准直,使激光束慢轴发散角由自由出射的 8° (FWHM) 减小为 3° 左右;然后根据合束光束的光束参量积(Beam Parameter Produce, BPP)的不对称程度通过光束多段分割与重新组合进行光束的对称化变换;最后经过快、慢轴光束的分别聚焦将对称化变换后的光束耦合进入单芯光纤.根据每一工艺步骤对光束质量的影响程度不同,由耦合光纤数值孔径

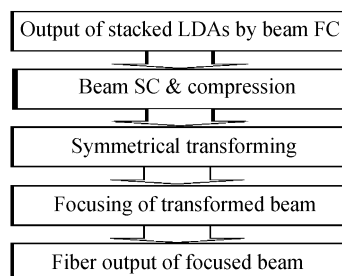


图 1 多线阵半导体激光器的单光纤耦合原理
Fig. 1 Single fiber coupling principle for multi-diode-array-lasers

* 国家自然科学基金(60474026,60477010)资助

† Tel:0431-85331926

Email:bbx@cust.edu.cn

收稿日期:2009-05-04

修回日期:2010-03-11

NA、芯径 D 决定的光束参量积 BPP_0 应该大于或等于合束光束的光束参量积 $\sqrt{(BPP_{//})^2 + (BPP_{\perp})^2}$, 其中 $BPP_{//}$ 为合束光束在平行于结平面方向的光束参量积, 主要由线阵激光器的单个发光区宽度、慢轴方向光束发散角、线阵激光器发光单元周期决定, BPP_{\perp} 为合束光束在垂直于结平面方向的光束参量积, 主要受到线阵激光器焊装引起的芯片弯曲的影响(导致快轴准直效果明显变差)。

1.2 线阵半导体激光器的制备

为了最大程度地提高半导体激光器的光纤耦合效率, 耦合系统首先应该考虑采用具有较小快轴方向光束发散角(垂直结平面方向)的单列半导体激光器. 激光器的快轴光束发散角由激光器外延材料的波导结构决定. 为此, 设计并制作了宽波导、双量子阱大功率半导体激光器的外延结构, 垂直光束发散角为 33° (FWHM), 图 2 为计算的激光器外延生长结构的能带结构与模场分布, 其中图 2(a) 为激光器结构平衡态时的能带分布, 图 2(b) 为模场强度分布. 激光器结构采用 V80H MBE 进行生长, 选用偏向 $\langle 111 \rangle_A$ 约 2° 的 (100) 取向 Si 掺杂 n 型 GaAs 衬底, 衬底 EPD 密度小于 200 cm^{-2} . 具体的激光器材料外延结构包括: 300 nm 厚 n^+ -GaAs 缓冲层 (Si 掺杂, $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), 150 nm 厚线性渐变 $N\text{-Al}_{0.1 \rightarrow 0.45}\text{Ga}_{0.9 \rightarrow 0.55}\text{As}$ 过渡层 (Si 掺杂, $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), $0.6 \mu\text{m}$ 厚 $N\text{-Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{As}$ 外限制层 (Si 掺杂, $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), $0.6 \mu\text{m}$ 厚 $N\text{-Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{As}$ 外限制层 (Si 掺杂, $1.0 \rightarrow 0.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), $0.5 \mu\text{m}$ 厚内波导层 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ (非故意掺杂), 有源区包括 2 个 7 nm 厚非故意掺杂 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{As}$ 量子阱层和 3 个 12 nm 厚的 $\text{Al}_{0.30}\text{Ga}_{0.70}\text{As}$ 垒层, $0.5 \mu\text{m}$ 厚 $\text{Al}_{0.35}$

$\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ 内波导层 (非故意掺杂), $0.6 \mu\text{m}$ 厚 $\text{P-Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{As}$ 外限制层 (Be 掺杂, $0.5 \rightarrow 1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), $0.6 \mu\text{m}$ 厚 $\text{P-Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{As}$ 外限制层 (Be 掺杂, $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), 100 nm 厚线性渐变 $\text{P-Al}_{0.45 \rightarrow 0.1}\text{Ga}_{0.55 \rightarrow 0.9}\text{As}$ 过渡层 (Be 掺杂, $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), 100 nm 厚 $\text{P}^+\text{-GaAs}$ 层 (Be 掺杂, $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$), 15 nm 厚 $\text{P}^{++}\text{-GaAs}$ 欧姆接触层 (Be 掺杂, $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$). 为了改善线阵激光器在慢轴方向光束的准直效果及较高的功率输出能力, 线列半导体激光器的发光区宽度设计为 $100 \mu\text{m}$, 周期 $500 \mu\text{m}$, 腔长为 $1200 \mu\text{m}$, 发光单元数为 19, 整个单

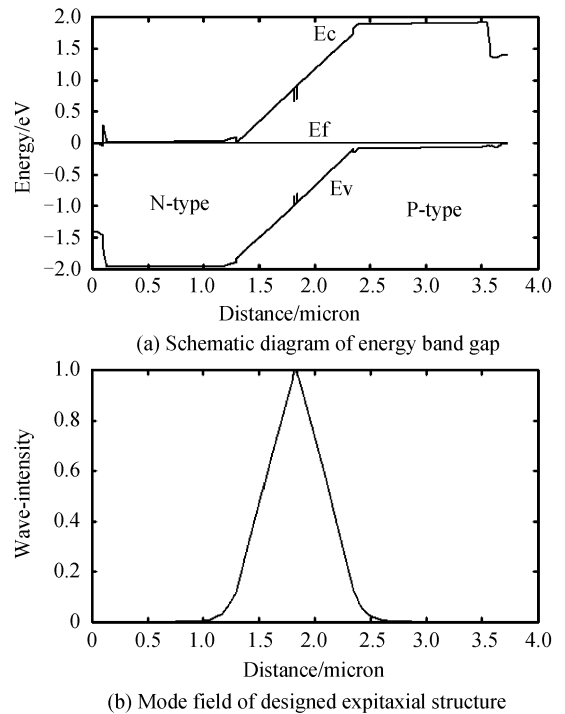


图 2 外延能带结构与波导光场分布
Fig. 2 Schematic diagrams of energy band gap and mode field of designed epitaxial structure

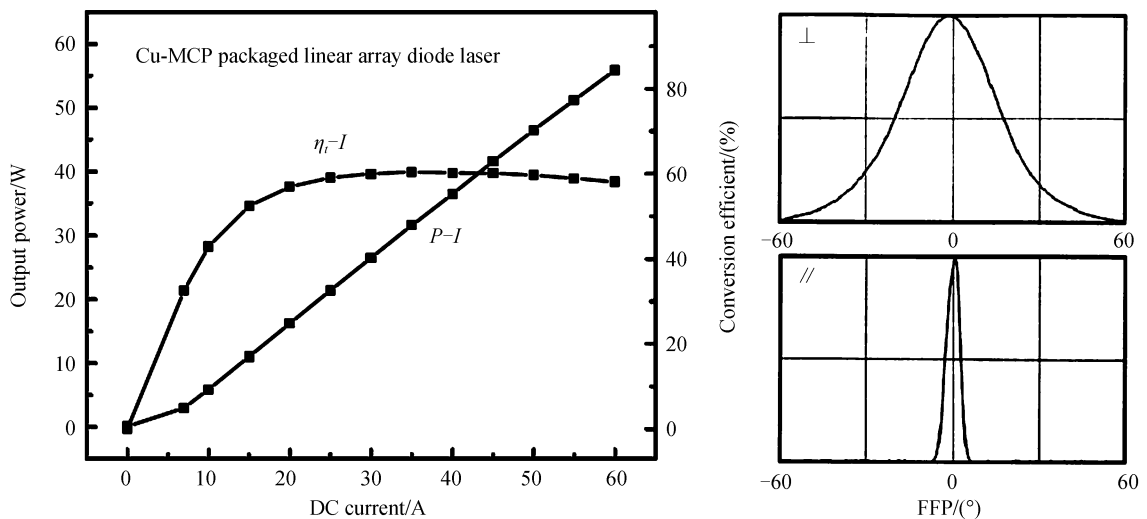


图 3 单线阵半导体激光器的典型输出特性
Fig. 3 Typical output curve of single linear array diode laser

线阵激光器芯片的宽度为 10.5 mm,并在激光器前腔面(距离腔面 20~30 μm 的范围内)采用了非注入区窗口技术改善激光器腔面的 COD 特性.芯片经腔面 5% AR/95% HR 镀膜及 Cu 微通道热沉的散热封装后进行输出功率、光谱特性的测量(冷却水流量 0.4 L/s,水温 20 $^{\circ}\text{C}$).图 3 为获得的线列半导体激光器典型输出特性曲线:阈值 7~7.5 A,斜率效率 1.1~1.2 W/A,输出功率可达 50 W 以上,水平光束发散角约为 8 $^{\circ}$ (FWHM),垂直光束发散角约为 33 $^{\circ}$ (FWHM).

1.3 单线阵半导体激光器的光束准直

为了实现叠层法激光束的高光束质量空间合束,线列半导体激光器的输出光束必须进行准直,实验中我们试验了光纤柱透镜方法及非球面柱透镜方法.

芯径为 400 μm 的石英光纤由于具有较高的机械强度可用于线阵激光器输出光束的准直,其折射率约为 1.5,该光纤柱透镜的焦距 F 约为 300 μm ,焦点距光纤表面的距离约为 100 μm .经过精密光学调整,可以将线阵半导体激光器的输出光压缩为一准平行线光源,蒸镀增透膜的光纤透镜的功率传输效率约为 95% 左右.由于圆柱透镜的较大球差及快轴方向较大的光束发散,使得该方法的准直效果受到很大限制,准直后的光束发散角一般在 35 mrad 以上,明显降低了线阵半导体激光器在快轴方向的光束质量.

为了减少光纤柱透镜准直对光束质量的损失,采用了德国 LIMO 公司制造的非球面快轴准直柱面透镜(FAC850-D)进行线阵激光器的快轴准直,其有效焦距为 0.91 mm,理论上准直后的光束发散角小于 2 mrad.实际工艺中,由于短焦透镜装配误差对准直效果的高灵敏性,特别是线阵激光器焊装引起的芯片弯曲(“smile”),将导致准直光束发散角明显变大.经过优化芯片的焊装工艺与准直透镜的装配工艺,研制的准直线阵半导体激光器的快轴发散角可控制在 4 mrad 以内,光束高度约为 0.8 mm,功率传输效率约为 98% 以上.线阵激光器自由输出光束在慢轴方向的光束发散角受到侧向波导热透镜效应、载流子空间烧孔效应的明显影响,随着输出功率增加发散角明显变大,最大输出功率时发散角约为 8 $^{\circ}$ 左右,光束参量积 $BPP_{//}$ 约为 1 400 $\text{mm} \times \text{mrad}$.采用阵列柱透镜对线阵激光器的 19 个发光区发出的光束分别准直将明显压缩线阵激光器慢轴方向的光束发散角至 3 $^{\circ}$ 左右,光束参量积 $BPP_{//}$ 减小为 525 $\text{mm} \cdot \text{mrad}$.

1.4 准直光束的合束

光束合束的原理是利用光学方法或结构封装方法将不同光源发出的低能量光束合并成同一方向输出的高能量光束.经过对 6 只快、慢轴准直的 Cu 微通道热沉封装线阵半导体激光器进行垂直叠层封装,实现了 6 只线阵半导体激光器输出光束的准直与合束.封装微通道热沉的装配高度为 1.8 mm,合束光束在垂直方向存在约 1 mm 高的无光区,降低了合束光束的光束质量(光束参量积 $BPP_{//}$ 减小为 525 $\text{mm} \times \text{mrad}$, BPP_{\perp} 为 40 $\text{mm} \times \text{mrad}$),去除无光区、进一步减小垂直方向的光束尺寸是提高叠层激光器输出光束质量的重要技术途径.光学上,一般可采用台阶镜反射方法或分段折射方法实现叠层光束中无光区的去除.在实验中,主要采用分段折射方法对六层合束光束进行了无光区去除,分段折射模块为实验室研制,经过入射端面、出射端面的增透膜镀制,其传输效率可达 95% 以上.经过分段折射模块的光束压缩后,垂直方向的 BPP_{\perp} 减小为 19.2 $\text{mm} \cdot \text{mrad}$.图 4 为 6 只线阵半导体激光器叠层合束光束压缩的原理示意图.

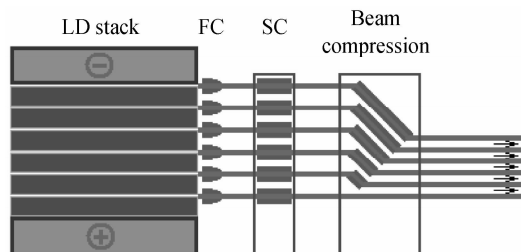


图 4 6 只线阵叠层激光器输出光束的快、慢轴准直与压缩
Fig. 4 Schematic diagram of collimation and compression of 6-stack linear array diode lasers

1.5 合束光束的对称化变换

由于合束光束质量在垂直发光区平面(快轴)和平行发光区平面(慢轴)方向的严重不对称性(对典型的线阵激光器,其自由出射光束的快/慢轴 BPP 值分别约为 1.0 $\text{mm} \times \text{mrad}$ /1 400 $\text{mm} \times \text{mrad}$,6 只线阵半导体激光器叠层合束且垂直压缩后其快/慢轴 BPP 值分别为 19.2 $\text{mm} \times \text{mrad}$ /525 $\text{mm} \times \text{mrad}$),不能与细芯径单光纤(芯径 400 μm 、NA0.22)直接耦合.通常需要对非对称激光束进行对称化变换以最大程度地实现光纤耦合激光器高亮度、高功率密度输出,实验中我们采用折叠镜面方式对空间合束后的光束进行了对称化变换实验.

折叠镜面法是采用两组台阶状排列的反射镜面对经过准直输出的线状光束进行对称化变换.第一组镜面对线状光束进行分段反射,第二组镜面对分段反射后的光束进行二次反射,完成分段光束的重新组合,其原理示意图如图 5.假定输出光纤的数值

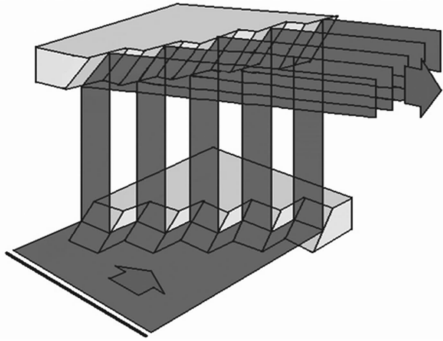


图5 折叠镜面法对称化变换线光源原理

Fig. 5 Principal setup for linear beam symmetrical transforming by reflective prism arrays

孔径为 NA , 光纤芯径为 D , 激光束快轴方向数值孔径为 NA_f , 慢轴方向数值孔径为 NA_s , 快轴方向光束束腰为 W_f , 慢轴方向光束束腰为 W_s . 经过 N 个反射镜的分段折叠, 其慢轴方向被分段扭转 90° , 光束宽度减少 N 倍 (W_s/N), 其数值孔径仍为 NA_s , 快轴方向光束数值孔径保持为 NA_f , 光斑尺寸增加 N 倍 ($W_f \times N$). 此时快/慢轴的 BPP 应该相等, 即

$$N = \sqrt{\frac{W_s}{W_f} \times \frac{NA_s}{NA_f}} \quad (1)$$

对应圆形光纤的 BPP₀, 有

$$BPP_0 = NA \cdot D \geq \sqrt{((W_f \cdot NA_f) \cdot N)^2 + ((W_s \cdot NA_s)/N)^2} \quad (2)$$

从而有

$$BPP_0 \geq \sqrt{2} BPP_s \quad (3)$$

式中 BPP_s 为合束压缩后的光束 BPP 值, $BPP_s = \sqrt{(W_f \cdot NA_f)(W_s \cdot NA_s)}$.

实际计算时, W_f 近似为快轴方向的光束高度 D_f , W_s 近似为线阵激光器的宽度. 结合式(2)及式(3), 可得到光束折叠段数 N 及输出光纤的参量 ($NA \cdot D$). 对于我们设计的六层叠层合束激光器, 其最后输出光束的快、慢轴方向的光参量积分别为 $19.2 \text{ mm} \times \text{mrad}$ 和 $525 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$. 根据式(2)得到光束折叠段数 $N \approx 5$. 对于数值孔径 $NA = 0.22$ 的光纤, $D \approx 0.32 \text{ mm}$. 实际上, 由于折叠光束引起的光束质量变差, 光纤芯径应该大于计算值. 实验上采用折叠镜面法进行了 5 分段的光束对称化变换实验, 变换后的光束参量积 (BPP) 约为 $112 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ (BPP_f) \times $124 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ (BPP_s), 对应 $NA 0.22$ 数值孔径的光纤芯径应该大于 0.38 mm .

1.6 合束光束的会聚与光纤耦合

会聚光学系统的质量直接影响会聚光斑的大小, 进而影响光纤耦合效率. 由于合束后的 BPP 与 $400 \mu\text{m}$ 芯径、 0.22 数值孔径的光纤参量接近, 而且快、慢轴方向光束尺寸存在较大差异, 我们设计了柱

透镜快、慢轴光束会聚方案, 并用 ZEMAX 光学设计软件进行了系统分析. 模拟结果表明, 快、慢轴方向分别采用焦距 $F60 \text{ mm}$ 和 $F15 \text{ mm}$ 的柱透镜可以满足对称化变换后光束与单光纤的耦合要求. 光纤输入、输出端采用标准的 SMA905 接口, 表面金属化的石英光纤以高温焊料 (Au/Sn) 固定装入 SMA905 光纤连接器, 使之具有较强的可靠性和散热能力, 光纤端面经平磨抛光并镀增透膜 ($T \geq 99\%$) 后有助于减少光纤端面的反射损耗. 实验上, 我们采用焦距分别为 $F60 \text{ mm}$ 和 $F15 \text{ mm}$ 的柱透镜对合束光束在快、慢轴方向分别会聚, 经过 X、Y、Z 三维方向的精密调整, 使光纤出射功率达到最高水平, 并在光功率监控状态下固定柱透镜. 经耦合前后输出功率的比较测试 (每线阵激光器冷却水流量 0.4 L/s , 水温 20°C , 驱动电源为 Coherent 公司 HCA200/150CW/26V 型半导体激光器专用电源, 激光功率测试采用 Gentec-EO 公司的 OP55N-300F-H9 型功率计, 光谱测试采用 Anritsu 公司的 MS9710C 型光谱仪), 整个耦合系统总的传输效率约为 65% , 耦合激光器在 50 A 驱动电流条件下的光纤输出功率达 195 W (如图 6). 由图可以看出, 光纤耦合功率输出曲线具有少许亚线性弯曲, 导致该现象发生的主要原因可能为: 1) 随着激光器工作功率的增加, 由热效应引起的侧向波导特性变化使得慢轴方向光束发散角变大, BPP (略有增加); 2) 由于未有效耦合进入光纤的输入光功率集中在光纤端面附近, 导致光纤连接器结构产生温升, 使得光纤对准位置偏移. 图 6 中所附照片为光纤耦合输出激光的光斑照片, 光强基本为均匀的圆形分布.

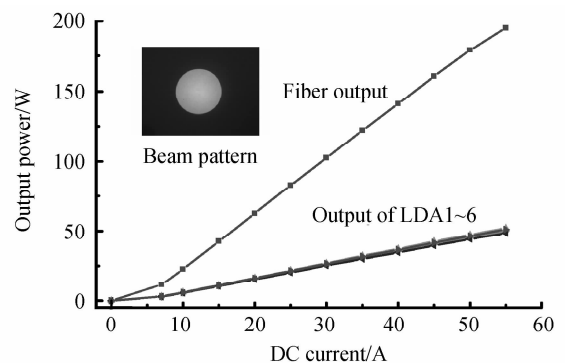


图6 6只线阵半导体激光器的光纤耦合输出实验结果
Fig. 6 Experimental result of power output of 6-LDAs by single fiber coupling

图7为光纤耦合器件在不同驱动电流下的输出光谱. 可以看出, 器件在测试电流范围内其光谱宽度均小于 3 nm (FWHM), 且没有比较明显的谱宽变化. 该结果说明: 1) 量子阱激光器外延材料具有较好的发光均匀性; 2) 线阵激光器的微通道散热封装及

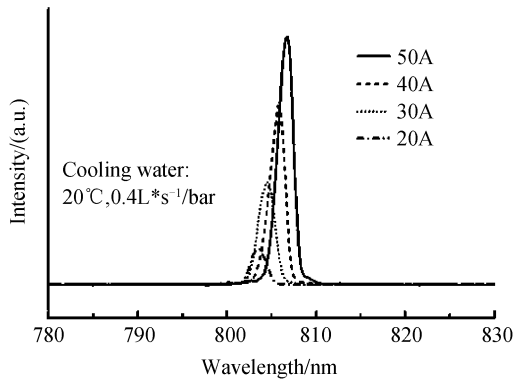


图7 6只线阵激光器的光纤耦合输出在不同驱动电流下的光谱曲线

Fig. 7 Spectrum of 6-LDAs by single fiber coupling at different driving level

叠层结构保证了器件具有足够的散热能力,没有出现因散热不均匀、热饱和而导致的光谱明显变宽现象.

2 结论

设计并研制了低发散角 808 nm 波长、单个发光单元宽度 100 μm 、发光单元周期 500 μm 、1.2 mm 腔长的 50 W 连续输出 cm 条线阵半导体激光器. 采用 Cu 微通道热沉封装方法进行了 6 只线阵半导体激光器的空间叠层合束,采用非球面柱透镜及柱透镜阵列对线阵半导体激光器进行了快、慢轴准直,并实现了合束光束的无光区去除,提高了光束质量;设计了折叠镜面方式的光束对称化变换方案,实验上对合束光束进行了 5 分段的对称化变换,在快、慢轴方向分别采用柱透镜方法对变换光束进行了会聚实验,实现了 6 只线阵半导体激光器与 400 μm 芯径、0.22 数值孔径光纤间的高效率耦合,整体耦合效率达到 65%,SMA905 输出端最大激光功率输出达到 195 W,石英光纤端面的功率密度达到 $1.55 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$.

参考文献

- [1] TREUSCH H G, OVTCHINNIKOV A, HE X, *et al.* High-brightness semiconductor laser sources for materials processing: stacking, beam shaping, and bars [J]. *IEEE J Selected Topics in Quantum Electronics*, 2000, **6**(4): 601-613.
- [2] LIMPERT J, LIEM A, ZELLMER H, *et al.* 500 W continuous-wave fiber laser with excellent beam quality [J]. *Electron Lett*, 2003, **39**(8): 645-647.
- [3] LIN Hong-yi, TAN Hui-ming, NAN Nan, *et al.* LD end-pumped intracavity frequency doubled Yb : YAG green laser [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(1): 22-25.
林洪沂, 檀慧明, 南楠, 等. 端面泵浦腔内倍频 Yb : YAG 绿光激光器 [J]. 光子学报, 2009, **38**(1): 22-25.
- [4] CHENG Yong, LU Chang-yong, LIU Xu, *et al.* Diode pumped electro-optically Q-switched laser with corner-cube resonator [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(11): 2747-2751.
程勇, 卢常勇, 刘旭, 等. LD 抽运角锥棱镜腔电光调 Q 固体激光器 [J]. 光子学报, 2009, **38**(11): 22-25.
- [5] HUANG Zhi-meng, REN Zhao-yu, BAI Jin-tao. 200 W quasi-continuous-wave green laser with a dual-resonator combined cavity [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(6): 1332-1335.
黄智蒙, 任兆玉, 白晋涛. 200 W 双谐振腔组合单向输出准连续绿光激光器 [J]. 光子学报, 2009, **38**(6): 1332-1335.
- [6] BERND K, JENS B, THOMAS B, *et al.* High-brightness high-power kW-system with tapered diode laser bars [C]. *SPIE*, 2005, **5711**: 73-84.
- [7] TREUSCH H G, DU K, BAUMANN M, *et al.* Fiber-coupling technique for high-power diode laser arrays [C]. *SPIE*, 1998, **3267**: 98-106.
- [8] CLARKSON W A, HANNA D C. Two-mirror beam-shaping technique for high-power diode bars [J]. *Opt Lett*, 1996, **21**(6): 375-377.
- [9] GAO Xin, BO Bao-xue, ZHANG Jing, *et al.* High brightness operation of fiber coupling multiplex diode lasers [J]. *Chinese J Lasers*, 2007, **34**(11): 1472-1475.
高欣, 薄报学, 张晶, 等. 多单元半导体激光器的高亮度光纤耦合输出 [J]. 中国激光, 2007, **34**(11): 1472-1475.
- [10] MA Xiao-hui, WAN Chun-ming, SHI Quan-lin, *et al.* Fiber-coupled high power laser diode by polarization multiplexing [J]. *Chinese J Lasers*, 2007, **34**(10): 1343-1346.
马晓辉, 万春明, 史全林, 等. 基于偏振复用技术的激光二极管光纤耦合方法 [J]. 中国激光, 2007, **34**(10): 1343-1346.
- [11] PETER Y W. Beam-shaping optics deliver high-power beam [J]. *Laser Focus World*, 2001, **37**(12): 115-118.

Single Fiber Coupling of Multi-Linear-Array-Diode-Lasers

GAO Xin, BO Bao-xue, QIAO Zhong-liang, LU Peng, WANG Yu-xia, LI Hui, QU Yi
(National Key Lab on High Power Semiconductor Lasers, Changchun University of Science and Technology,
Changchun 130022, China)

Abstract: High brightness fiber coupling laser module with multi-linear-laser-diode-arrays is designed and fabricated. The laser diode chips are fabricated with a broad waveguide and double quantum well structure by molecular beam epitaxy method. The module contains 6 collimated single linear-laser-diode-arrays which can operate to CW 50 W output power with single emission width of 100 μm , pitch of 500 μm , cavity length of 1 200 μm and 19 emitters per bar. Beam output with high beam quality is obtained by space beam combination and beam shaping afterwards, the combined 6-beam output is focused into a 400 μm -core quartz fiber with NA0.22 by a set of flat-convex cylindrical lens. Finally, a maximum fiber end output power of 195 W with power density of $1.55 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$ is achieved, and the total coupling efficiency is as high as 65%.

Key words: Linear laser diode array; Fiber coupling; Space beam combination; Beam transforming



GAO Xin was born in 1965, and received the Ph. D. degree in 2007. Now she works as a researcher and Doctoral Supervisor, and her research interests focus on fabrication process of high power semiconductor lasers.

2010 中国国际应用光学专题研讨会筹备就绪

2010 中国国际应用光学专题研讨会目前已经筹备就绪,将于 9 月 7 日~8 日在深圳会议展览中心隆重举办,据介绍,本届论坛将以“最新精密光学加工、激光加工和大功率光纤激光器”为热点话题。

自由曲面光学加工技术引人关注

当前光学领域正从传统的球面加工向非球面和自由曲面方向转变,加工技术从传统的冷加工向热压成型发展.但这些先进的加工技术和设备在国内市场份额极低,很少企业涉足高端产品,现在不少企业试图向高端领域发展,但面临许多困难,量产或投产的规模都很小,目前并没有形成一定的规模.“2010 中国国际应用光学专题研讨会”将围绕这些话题深入讨论,将邀请国内外行业技术专家,共同探讨技术发展趋势和动态,帮助企业加快转型的步伐。

专家方面,著名光学专家、苏州大学精密光学工程中心主任余景池老师、湖南大学微纳研究所所长尹韶辉教授、香港理工大学工业及系统工程学系先进制造技术研究中心主任李荣彬等专家,加上上海光机所、舜宇光学以及马渊光谱等企业和机构均积极报名参加演讲,届时听众将聆听到关于非球面加工、光学热加工、自由曲面光学的超精密加工技术、高精度光学镜片加工设备 etc 热门话题的介绍,我们也衷心地希望业界朋友能积极报名参会。

光纤激光器:应用不断拓展

激光加工作为先进制造技术已广泛应用于多个行业,至今我国已有 100 多家从事激光加工的制造企业,这些公司已成为国内激光加工市场的主力,他们制造的工业激光器、元器件和激光加工系统约占国内总市场 90% 以上份额,但作为激光加工设备行业发展基础的高精密机械制造、材料和器件产业的发展比较滞后,尤其是近年来热门的光纤激光器,本次会议将分别就高功率光纤激光器的发展趋势、国产化研发所必须解决的关键技术等为重点,深入研讨光纤激光领域的若干关键性、基础性科学问题及其在工业、国防等重要领域的应用前景。

本次论坛我们将邀请国内著名激光专家,中科院上海光机所研究员楼祺洪、西安光机所所长赵卫、“国产光纤激光器第一人”——武汉锐科光纤激光器技术有限责任公司董事长闫大鹏、深圳大学副校长阮双琛、西安炬光科技有限公司董事长刘兴胜等专家学者就上述话题进行深入探讨,希望能推动国产光纤激光器商用化和技术发展进程。

论坛参会报名网址:<http://www.cioe.cn/2010/LED/index.html>