

·快报·

# LD 抽运钾蒸气激光器

宁方晋<sup>1,2\*\*</sup>, 谭荣清<sup>1,2\*</sup>, 刘松阳<sup>1,2</sup>, 胡列懋<sup>1,2</sup>, 李志永<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国科学院电子学研究所先进激光及探测技术部, 北京 100190;

<sup>2</sup>中国科学院大学电子电气与通信工程学院, 北京 100049

**摘要** 采用平面光栅搭建外腔压窄单巴条半导体激光器线宽, 得到中心波长为 766.5 nm、线宽为 0.12 nm 的抽运光。抽运光经光束整形后聚焦到长度为 8 mm 的钾蒸气室中心, 蒸气室内充有 600 Torr (1 Torr=133.322 Pa) 氦气作为缓冲气体。保持钾蒸气室温度为 190 °C, 获得了中心波长为 769.9 nm、功率为 138 mW 的线偏振钾激光输出。

**关键词** 激光器; 半导体抽运; 碱蒸气激光器; 钾蒸气; 无烃化

中图分类号 TN248.2

文献标识码 A

doi: 10.3788/CJL201946.0215001

## Diode Pumped Potassium Vapor Laser

Ning Fangjin<sup>1,2\*\*</sup>, Tan Rongqing<sup>1,2\*</sup>, Liu Songyang<sup>1,2</sup>, Hu Liemao<sup>1,2</sup>, Li Zhiyong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Advanced Laser and Detection Technology, Institute of Electronics,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

<sup>2</sup>School of Electronic, Electrical and Communication Engineering, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract** An external cavity is built with a plane grating to narrow the linewidth of the diode bar laser, and the pumped laser with center wavelength of 766.5 nm and linewidth of 0.12 nm is obtained. After the beam shaping, the laser is focused on a potassium vapor cell center, which is 8 mm long and is filled with 600 Torr (1 Torr = 133.322 Pa) helium as buffer gas. Keeping the potassium vapor cell's temperature at 190 °C, we obtain output power of 138 mW with 769.9 nm center wavelength of potassium laser.

**Key words** lasers; diode pumping; alkali vapor laser; potassium vapor; no hydrocarbon

**OCIS codes** 140.3480; 140.1340; 140.3460

LD 抽运碱金属激光器 (DPAL) 目前主要采用 LD 抽运铯 (Cs)、铷 (Rb) 和钾 (K) 三种碱金属蒸气实现激光输出, 具有光束质量好、体积小、易于散热、量子效率高等优势, 具备单口径输出兆瓦级高光束质量强激光的潜力, 是一种具有良好发展潜力的新型光抽运气体激光器<sup>[1-2]</sup>。与 Rb 和 Cs 蒸气激光器相比, K 蒸气激光器无需加入烃类缓冲气体, 从而可避免其引起的蒸气室窗口污染问题, 且其量子效率更高<sup>[3]</sup>。但由于其输出阈值更高, 因而实现出光较其他两种碱金属激光器技术难度更大。2016 年, Pitz 等<sup>[4]</sup>利用气体流动装置获得 1.5 kW 的钾蒸气激光输出, 光-光效率为 50%, 证明 K-DPAL 在实现

超大功率方面更具潜力。

本文介绍了国内首次实现 LD 抽运钾蒸气激光器激光输出。图 1 为 LD 抽运钾蒸气激光器光路结构, 对半导体激光进行扩束后, 采用 1800 line/mm 的平面光栅搭建 Littrow 外腔对激光线宽进行压窄, 得到中心波长为 766.5 nm、线宽为 0.12 nm 的抽运光。经过光束整形后使用焦距为 75 mm 的双胶合透镜聚焦到钾蒸气室中心, 形状近似为方形。使用偏振分光棱镜 (PBS) 将抽运光导入谐振腔, 谐振腔采用平凹稳定腔结构, 输出耦合镜反射率为 80%, 高反镜的曲率半径为 200 mm。增益介质为 8 mm 长的钾蒸气室, 内部充有 600 torr 氦气作为缓

收稿日期: 2018-10-23; 修回日期: 2018-12-08; 录用日期: 2018-12-19

基金项目: 国家自然科学基金 (61775215)

\* E-mail: rqtan@mail.ie.ac.cn; \*\* E-mail: ningfangjin16@mails.ucas.ac.cn

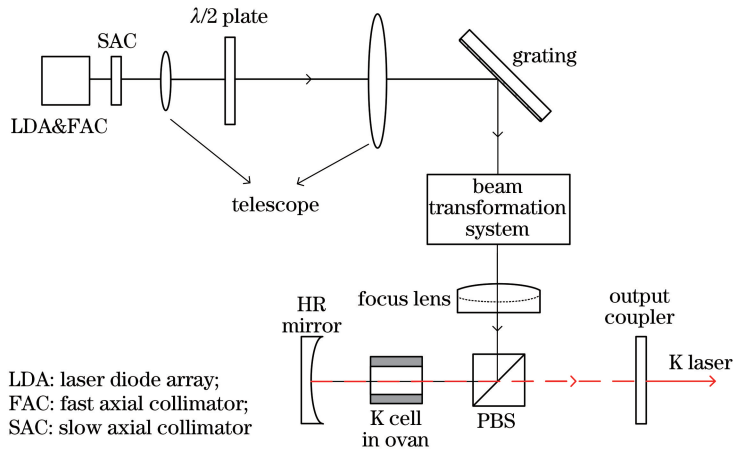


图 1 K-DPAL 光路结构图

Fig. 1 Schematic of K-DPAL

冲气体。为避免钾蒸气室热效应导致激光功率的衰退,使用重复频率为 100 Hz、占空比约为 10% 的斩波器对抽运光进行斩波。

使用光谱仪在距输出耦合镜 2 m 处测得的钾激光光谱图如图 2 所示,中心波长为 769.9 nm,线宽约为 0.08 nm。钾蒸气室温度保持在 190 °C,在抽运功率为 10.35 W 时,获得 138 mW 的钾激光输出,光-光效率约为 1.33%。

图 3 为 K-DPAL 激光输出功率随抽运功率的

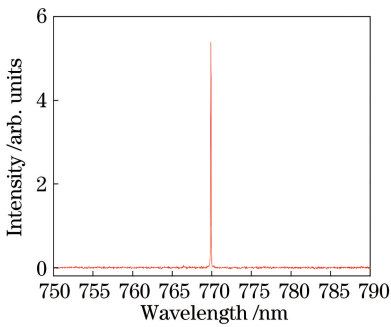


图 2 钾激光光谱图

Fig. 2 Spectrum of K laser

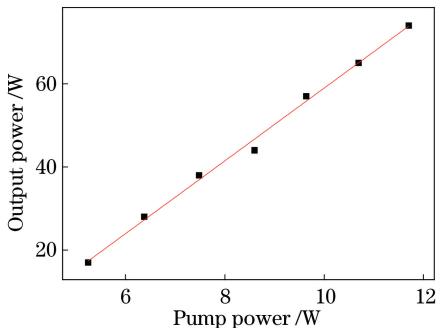


图 3 K-DPAL 输出功率随抽运功率的变化

Fig. 3 Output power of K-DPAL versus pump power

变化情况,焦点处阈值抽运功率密度约为 2.03 kW/cm<sup>2</sup>,斜率效率为 0.884%。由于更换了蒸气室,系统效率略有降低。在距离输出耦合镜后 3.1 m 处放置承接屏得到的激光光斑如图 4 所示,在距离输出耦合镜 30 cm 处使用 CCD 相机拍摄的激光光斑三维空间能量分布图如图 5 所示。

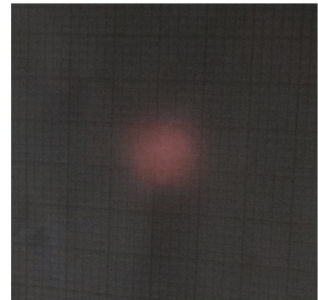


图 4 钾激光光斑图

Fig. 4 Potassium laser spot

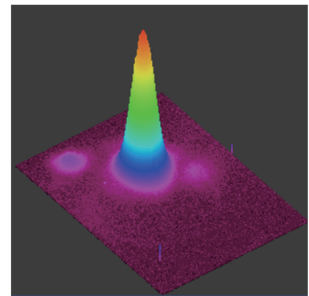


图 5 钾激光三维空间能量分布图

Fig. 5 3D energy distribution of potassium laser spot

目前已经实现了 LD 抽运钾蒸气激光器的稳定激光输出,后续将进一步增大抽运功率密度,对谐振腔参数等进行优化,以进一步提高激光器的各项技术指标。

## 参 考 文 献

- [1] Wang Y J, Li Z Y, Tan R Q, *et al.* Etalon effect of vapor cell windows in alkali lasers [J]. Chinese Journal of Lasers, 2018, 45(8): 0801003.  
王玉洁, 李志永, 谭荣清, 等. 碱金属激光器蒸气室窗口片的标准具效应研究[J]. 中国激光, 2018, 45(8): 0801003.
- [2] Xu C, Tan R Q, Li Z Y, *et al.* 2.8 W linearly polarized output of rubidium vapor laser with diode pumping[J]. Chinese Journal of Lasers, 2013, 40(1): 0102009.  
徐程, 谭荣清, 李志永, 等. 半导体抽运铷蒸气输出 2.8 W 线偏振铷激光[J]. 中国激光, 2013, 40(1): 0102009.
- [3] Gao F, Chen F, Xie J, *et al.* Comparative study of diode-pumped hydrocarbon free Rb and K vapor lasers[J]. Optics & Laser Technology, 2014, 58(58): 166-171.
- [4] Pitz G A, Stalnaker D M, Guild E M, *et al.* Advancements in flowing diode pumped alkali lasers [C] // High Energy/Average Power Lasers and Intense Beam Applications IX. International Society for Optics and Photonics, 2016: 972902.