

基于光纤的钠导星激光器

张磊、胡金萌、王建华、冯衍

feng@siom.ac.cn

2012年10月21日，成都

第二十届全国激光学术会议



内 容

- 背景
- 研究现状
- 拉曼光纤钠导星激光器
- 总结

激光导引星

- ❑ 对于大型天文望远镜，需要自适应光学系统来矫正大气湍流引起的波前畸变
- ❑ 用人造导引星提高自适应光学的天空覆盖率
- ❑ 发射一束 589 nm 的激光至约 90 公里高处的钠层 → 钠激光导引星
- ❑ 对激光的要求：
 - ✓ 与钠 D2 线 (589nm) 共振
 - ✓ 窄线宽
 - ✓ 高功率
 - ✓ 高光束质量
 - ✓ 偏振
 - ✓ 稳定
 - ✓ 可靠，简易操作

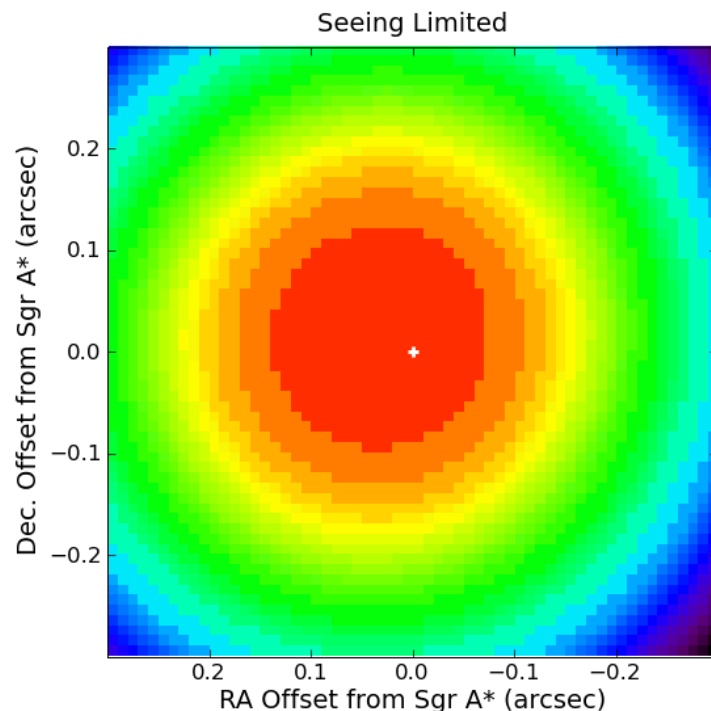


星火实验室

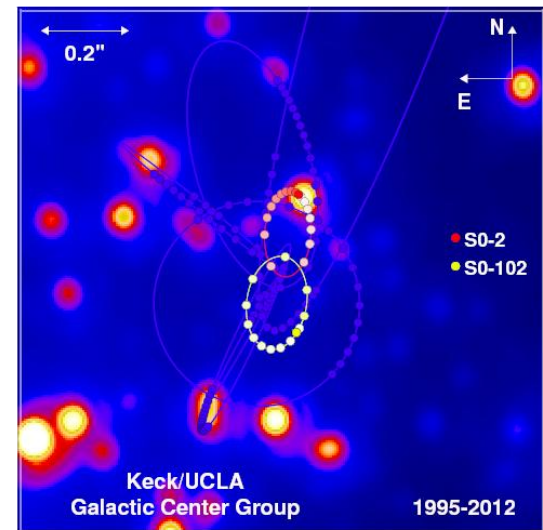
激光导星自适应光学的科学意义

协助大幅度提高天文观测精度

- 加深对宇宙的理解：星系形成、演化，宇宙起源
- 寻找类地行星



http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/pictures/Future_GCorbits.shtml



2012年10月，UCLA，A. M. Ghez
围绕银河系中心黑洞周期最短的恒星
(11.5年，S0-102)

(可能的) 钠导星激光技术

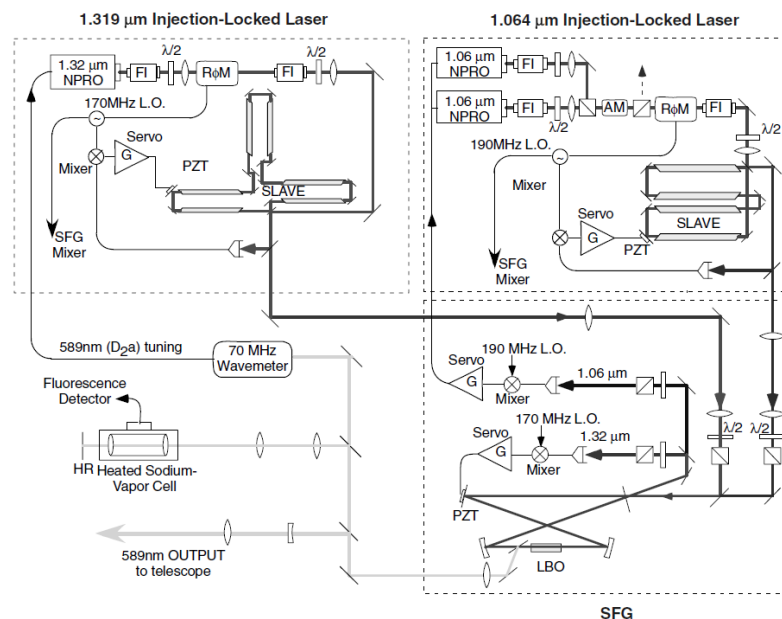
- ❑ 1178 nm 拉曼光纤激光/放大器+倍频
- ❑ 1064nm 和 1319nm Nd:YAG 激光和频
- ❑ 光学泵浦半导体激光器
- ❑ 长波长 Yb 光纤激光/放大器+倍频
- ❑ 固体拉曼激光器
- ❑ 固体参量激光器
- ❑ 938 nm (Nd) 和 1583nm (Er) 光纤激光器和频, LLNL & ESO
- ❑ 掺 Bi 光纤激光/放大器+倍频
- ❑ 染料激光器 (legacy technology)

固体和频钠黄光

Nd:YAG

1064 nm + 1319 nm → 589 nm

- 连续波单频, 50 W
美国空军实验室
- 锁模脉冲, 70 W
洛克希德·马丁
- 国内 (2012年):
理化所, 微秒脉冲50W
9院10所, 300mJ, 50Hz



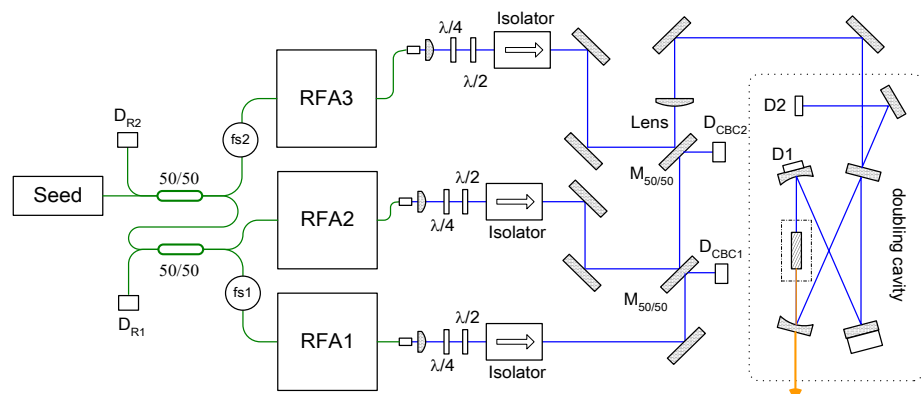
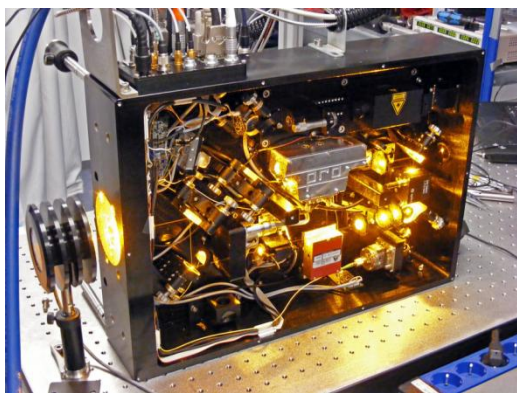
美国空军实验室的50瓦589nm
固体激光器结构示意图

基于拉曼光纤激光器的钠黄光激光器

拉曼频移至**1178nm**，然后倍频至**589nm**。
光纤激光有紧凑、高效、轻维护的优势。

发展时间线：

- First demonstration in 2004 at ILS/UEC, Japan.
- 4 W 589 nm laser in 2006 at ESO
- Multiwatts single frequency Raman fiber laser in 2008 at ESO
- 39 W single frequency RFA at 1178nm in 2009 at ESO
- 50 W 589 nm laser by CBC and SHG in 2009 at ESO

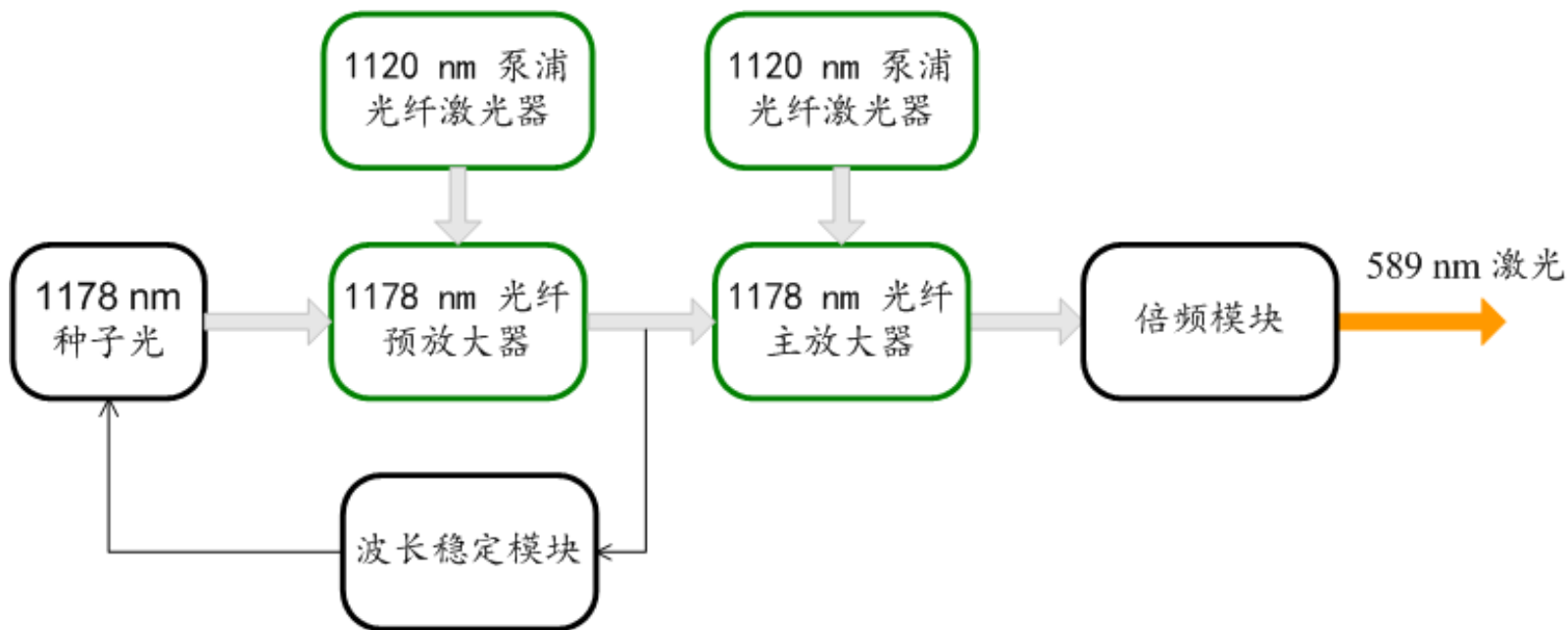


光纤钠导星激光器研究@上光所

从 2010年下半年开始

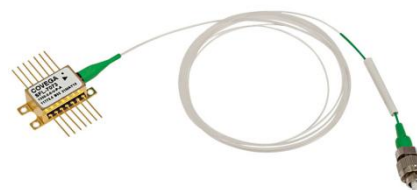
- 采用保偏光纤以获得更高系统稳定性
- 优化SBS抑制技术、提高放大器效率
- 研制自己的外腔谐振倍频模块
- 研制自己的线偏振1120nm激光器泵浦源

光纤钠导星激光系统结构框图



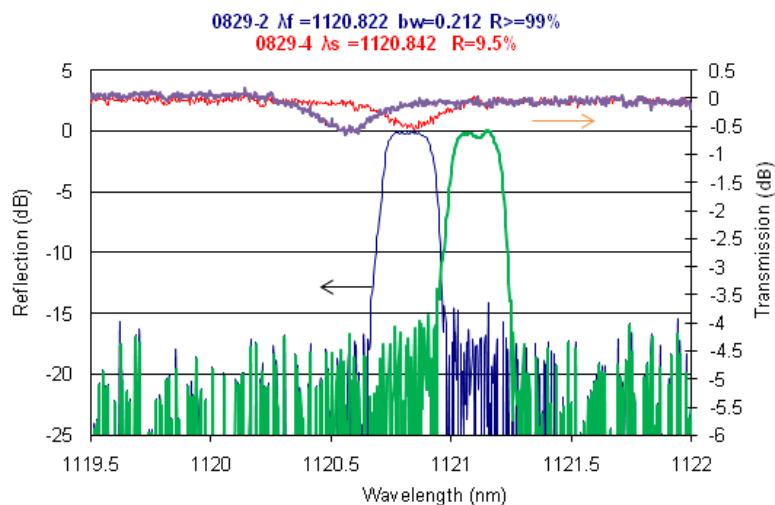
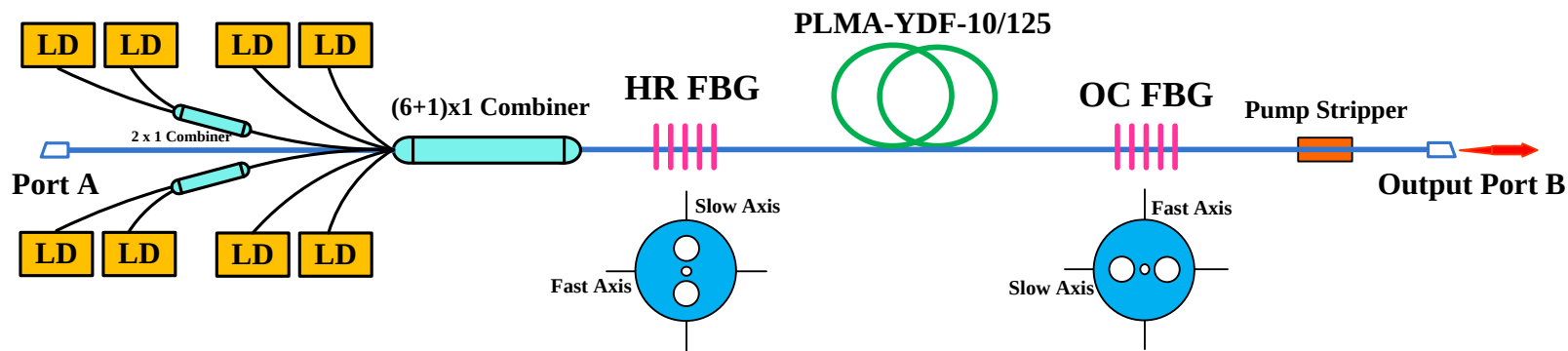
1178nm的窄线宽种子源，经过两级光纤放大，经过一个外腔谐振倍频模块，获得589nm的黄光。波长稳定于钠D2a线。

种子激光器



- 采用 DFB 半导体激光器
无跳模调谐范围宽，波长控制容易。

1120nm线偏振光纤激光器

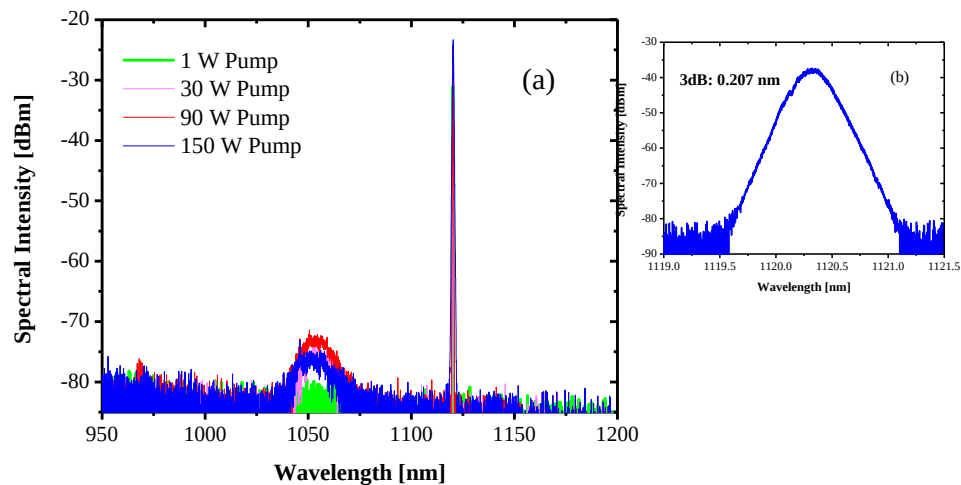
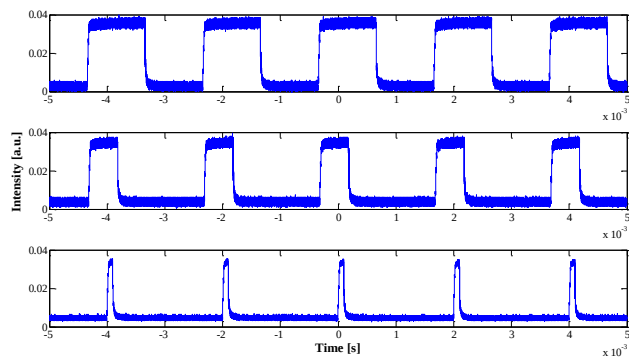
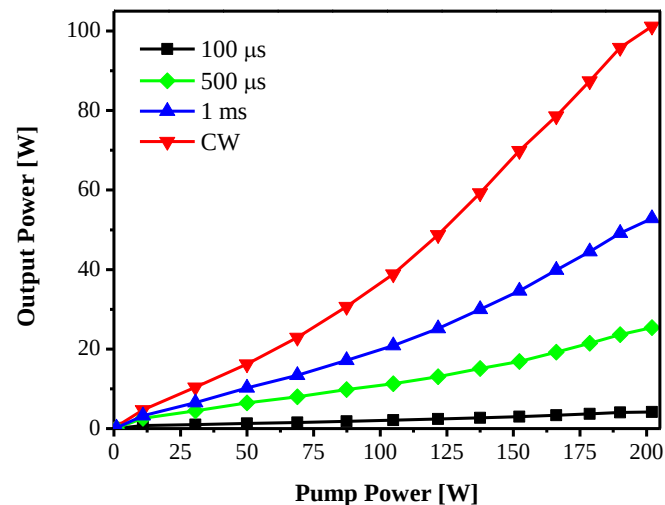


采用保偏增益光纤，并在保偏光纤中刻写光纤光栅，把对应快轴慢轴的反射峰交叉对准（如右图所示），可保证线偏振输出。

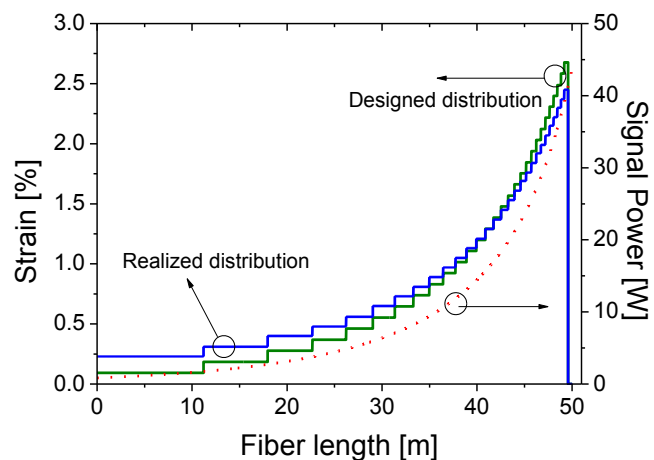
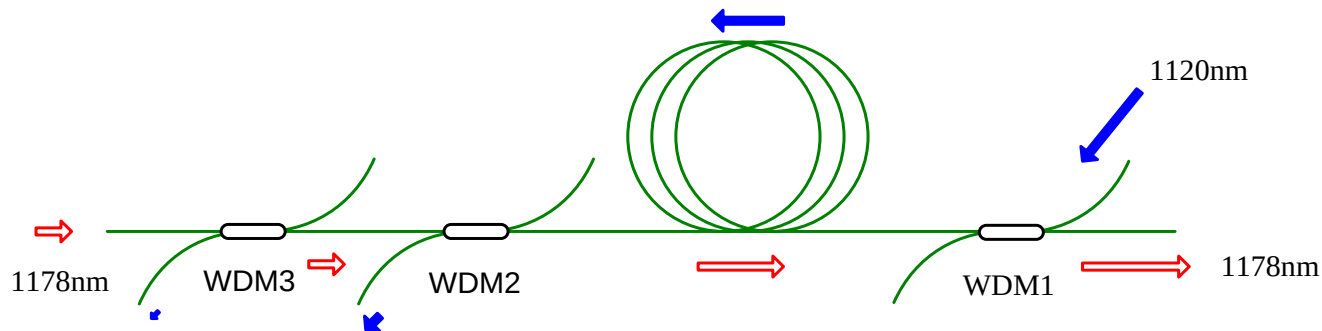
1120nm线偏振光纤激光器

主要结果:

- 功率102W
- 线宽0.2nm
- 偏振消光比15dB
- 可矩形脉冲输出



1178nm单频拉曼光纤放大器



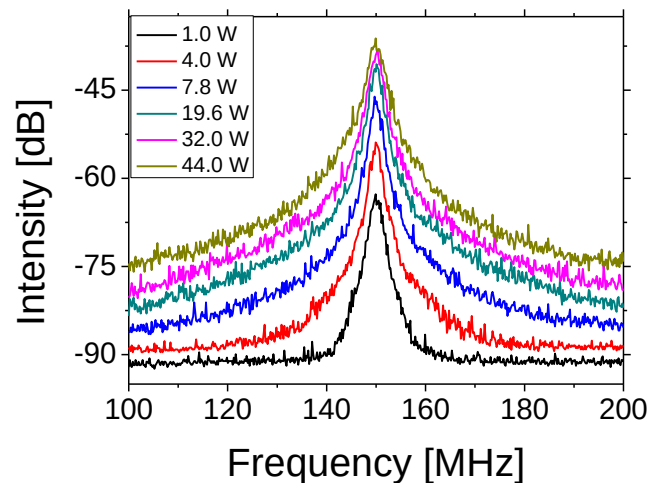
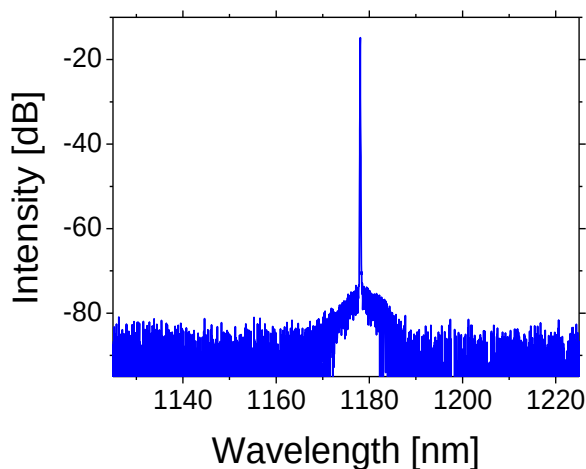
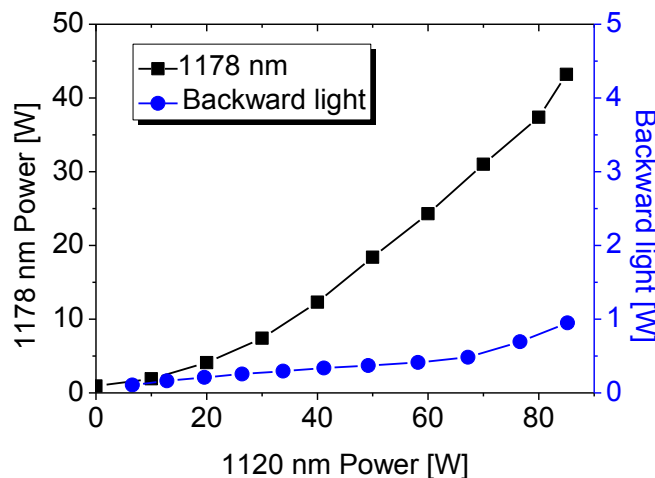
沿光纤施加优化的应力分布，抑制SBS。

50m，30步应力

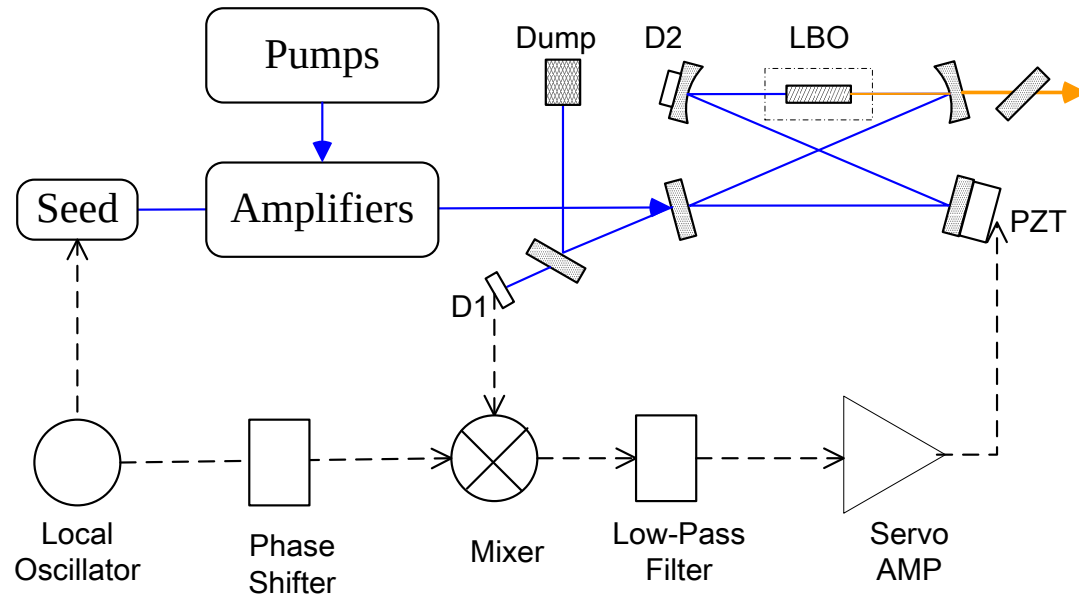
1178nm单频拉曼光纤放大器

主要结果:

- 44W, 52%
- 线宽1MHz
- 偏振消光比30dB
- 有效SBS增益系数减小20倍



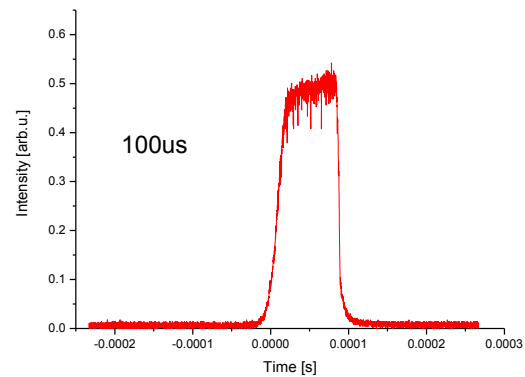
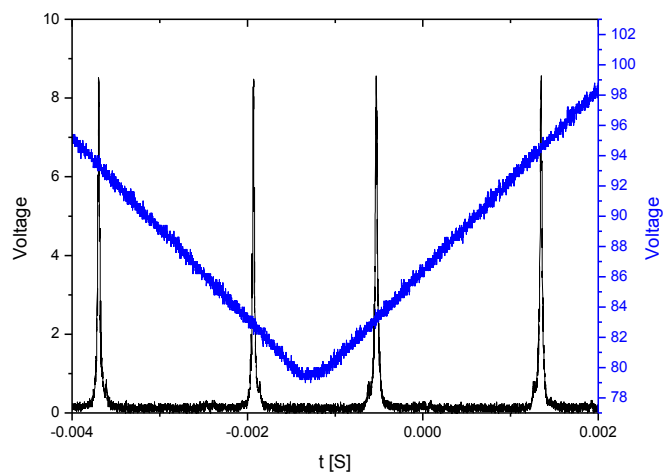
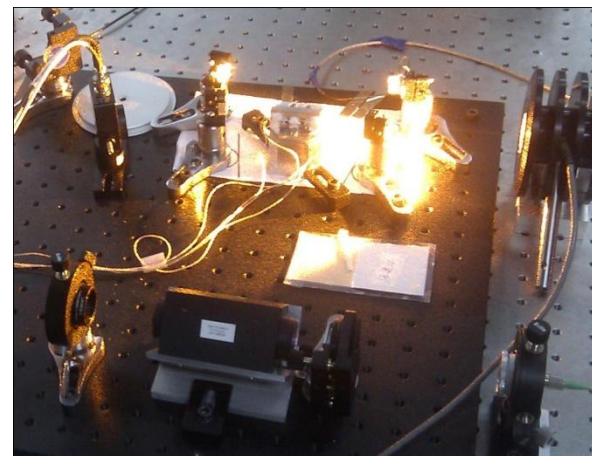
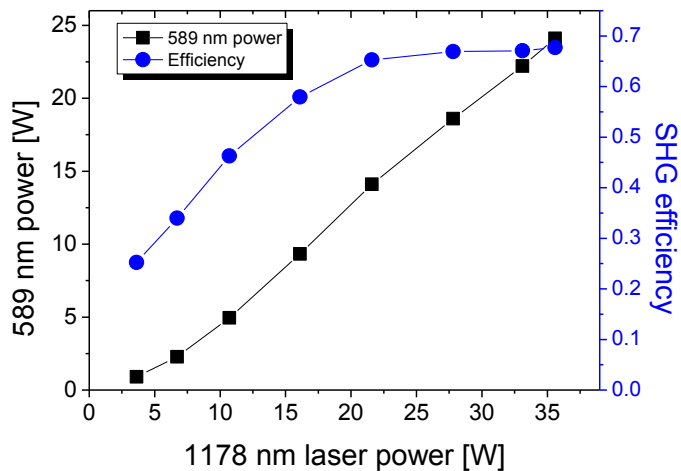
外腔谐振倍频



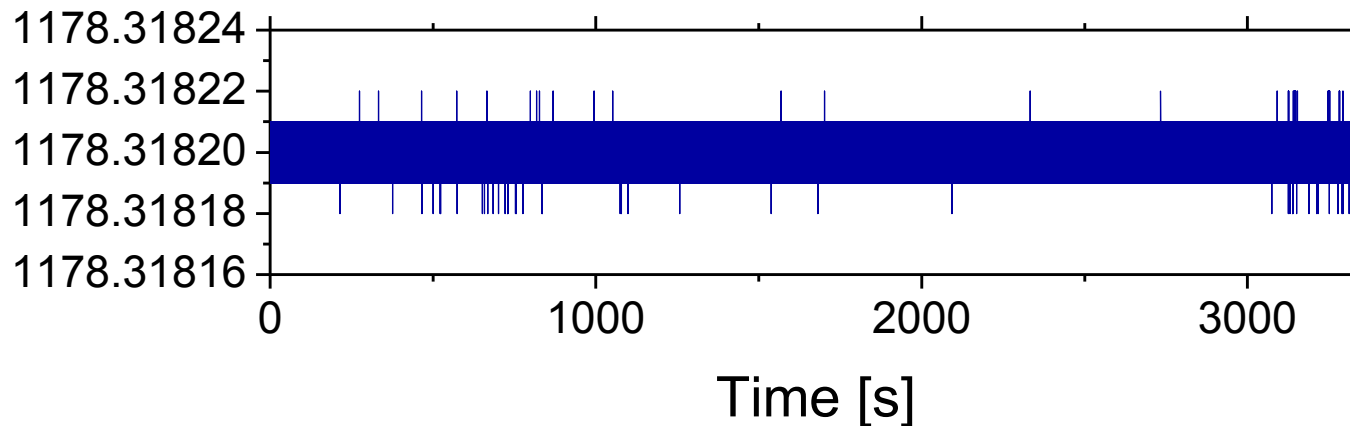
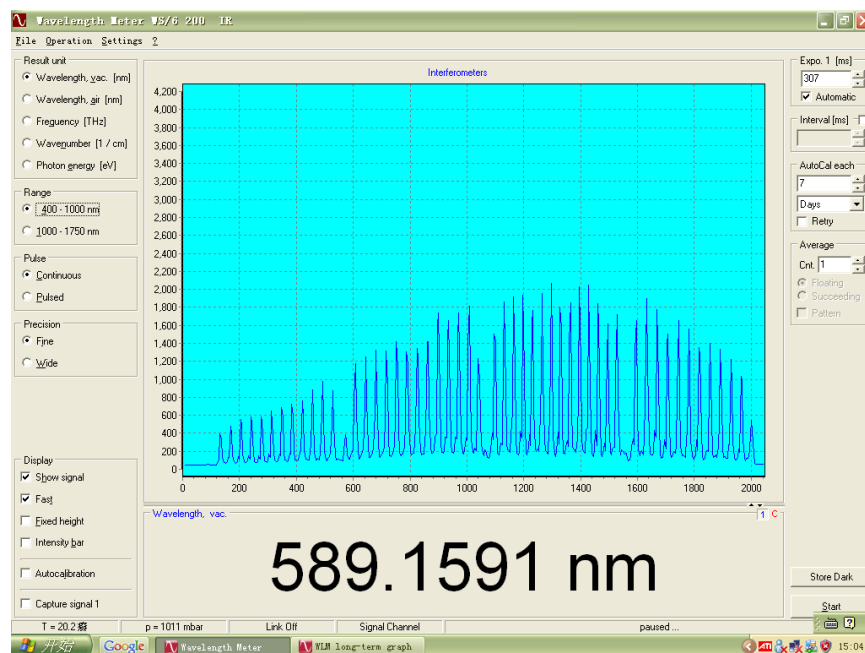
- PDH method of cavity locking
- noncritical phase matched LBO, 30 mm long
- Mirror curvature 100 mm, total cavity length ~ 500mm
- Beam radius in the crystal ~ 43 μm

589 nm 黄光输出

■ 功率25 W, 效率 68 %



波长锁定



总结

- 获得**44W**单频保偏**1178nm**拉曼光纤放大器输出，效率**52%**，有效**SBS**增益系数减小**20**倍。
- 研制了百瓦级**1120nm**线偏振光纤激光器。
- 自行搭建了外腔谐振倍频装置，获得**25W**黄光输出，波长锁定于钠黄线。
- 可满足天文应用需要。
- 拉曼的宽谱和级联特性，使得该技术可用于产生各种波长的单频激光器。

谢谢!

致谢:

- 中科院百人计划
- 国家863计划

博士后/助理研究员招聘

- 光纤激光器（单频、锁模、调谐.....）
- 非线性光子学（SRS、SBS、SHG.....）
- 新型光纤无源器件