

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0041-02

# 频率可调半导体抽运单向非平面环形腔单频 固体激光器

杨苏辉, 孙文峰, 李卓, 赵长明, 魏光辉

(北京理工大学信息技术学院, 北京 100081)

**摘要** 采用带有角锥棱镜的非平面环形腔激光器实现单频激光输出,在抽运功率为1 W时,单频激光输出功率达230 mW。斜率效率51%。应用压电陶瓷调节腔长,可以得到560 MHz的调谐带宽。

**关键词** 激光技术; 单频固体激光器; 频率调谐; 角锥棱镜式谐振腔

中图分类号 TN248.1

文献标识码 A

## Frequency Tunable LD Pumped Non-Planar Ring Cavity Single Frequency Nd:YAG Laser

YANG Su-hui, SUN Wen-feng, LI Zhuo, ZHAO Chang-ming, WEI Guang-hui

(Optical Engineering Dept., Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract** A non-planar unidirectional ring laser cavity with a corner cube prism and a specially cut Nd:YAG crystal is reported in this paper. 230 mW single frequency output power was obtained from the laser cavity at pumping power of 1 W. Slope efficiency is 51%. By changing the length of the laser cavity with a piezoelectric ceramic, 560 MHz frequency modulation rang was observed.

**Key words** laser technique; single frequency solid state laser; frequency modulation; non-planar ring cavity with corner cube

### 1 引言

单频激光器在相干检测领域一直有广泛的应用,如多普勒测风雷达,相干光通信、相干激光雷达等<sup>[1,2]</sup>。实现单频的方法很多,但是目前来讲,最有效而且稳定的方法是由美国斯坦福大学的 Ken 和 Byer 教授提出的单块非平面单向行波环形腔。这种激光器应用特殊加工的激光晶体构成谐振腔,使光在晶体内进行非平面传播,加之光在晶体内表面全反射时引入对 S 光和 P 光不同相移使光的偏振方向发生旋转。晶体置于磁场中,法拉第旋光效应使正向和反向传播的光具有不同的偏振态,如果在输出面上镀上选偏膜,将保证损耗最小的本征偏振光振荡,实现光的单向传播,克服空间烧孔,实现单频振荡<sup>[3]</sup>。这种激光器的优点是集激光增益介质、光学谐振腔和法拉第旋光器于一身,无需附加其他光学元件,结构简单,损耗小,稳定可靠。在主动稳频控制下,激光器的线宽可以压缩到亚赫兹。

在许多相干检测应用中,需要用到频率调谐。对于单块非平面环形腔,通常采用两种方法进行频率调

谐<sup>[4-6]</sup>。一种是利用压电陶瓷,引起晶体形变,改变折射率和几何腔长,从而使其光学腔长发生变化,达到调谐的目的。应用这种方法,可以实现的最大调谐范围为几十 MHz,调制频率可以达到 100 kHz。另一种方法是温度调谐,通过改变晶体的温度,可以实现几十 GHz 的大范围调谐,但是调制速度慢,需要在几秒的时间内完成。在某些应用当中,既要求有较快的调制速度,又要求有较宽的调制带宽。例如在线性调频激光雷达的应用中,能够分辨的最小距离差反比于带宽和调制频率。所以要提高测距精度,就要提高带宽和调制速率。

### 2 实验分析

为了得到较大的调制带宽和快的调制速率,提出了一种新的方法,用压电位移器调节单向行波环形腔的腔长。单向行波环形腔的结构如图 1 所示,激光增益介质被加工成特殊角度的直角棱镜,角锥棱镜提供光束的非平面全内反射。Nd:YAG 晶体置于磁场当中,其实现单频的原理与非平面环形腔的原理完全一

**作者简介:** 杨苏辉(1968-),女,北京理工大学信息技术学院光电工程系物理电子学学科副教授,博士后,主要从事二极抽运固体激光器及技术、激光雷达、太赫兹电磁波等方面的研究。E-mail:suhuiyang@bit.edu.cn

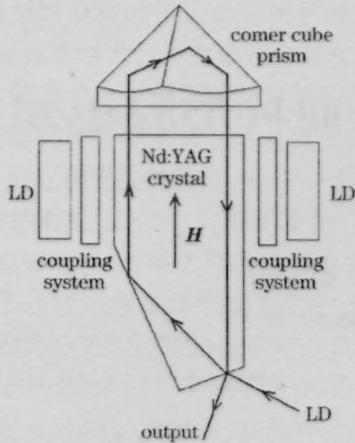


图1 角锥棱镜型单向非平面环形腔结构

Fig.1 Non-planar unidirectional ring resonator with corner cube prism

致<sup>[1]</sup>。角锥棱镜被安装在压电位移器上,它相对于直角棱镜的位置可以通过压电位移器进行控制,压电位移器的振动频率可以达到 100 KHz,而一般其微位移量都能达到 1~2  $\mu\text{m}$ ,所以可以通过改变腔长实现一个纵模间隔内的频率扫描。

图 2 是角锥棱镜式谐振腔的输入输出曲线,抽运功率为 1 W 时,可以得到 230 mW 的单频激光输

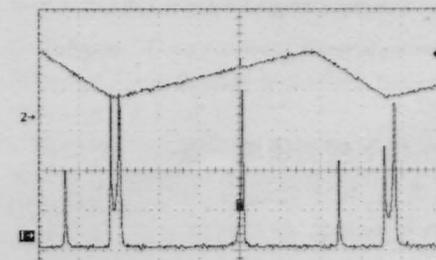
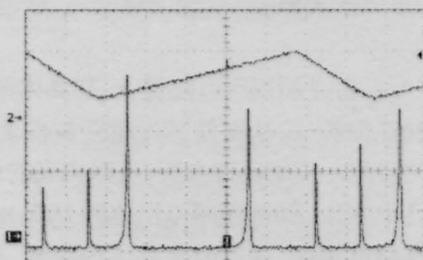


图3 单频激光器输出谱的扫描 F-P 光谱

Fig.3 Scanning F-P spectra of single frequency laser

本试验中,调频速率受到压电陶瓷驱动电源的限制,提高驱动源输出信号的频率,可以得到几十 kHz 的调制频率。

### 3 实验结果

提出了一种可以进行频率调谐的角锥棱镜和直角棱镜构成的非平面环形腔单频激光器,通过改变角锥棱镜相对直角棱镜的位置,可以实现 560MHz 的频率调制带宽。在提高电源调制频率和主动稳频措施下,该器件可用于激光雷达和精密测量。

#### 参考文献

1 Thomas J. Kane, W. J. Kozlovsky, Robert L. Byer *et al.* Coherent laser radar at 1.06  $\mu\text{m}$  using Nd:YAG lasers [J]. *Opt. Lett.*, 1987,

出,阈值抽运功率为 550 mW,斜率效率为 51%。

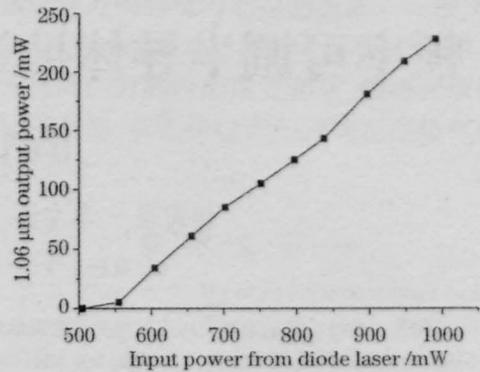


图2 单频激光器输入输出曲线

Fig.2 Output versus input of single frequency laser

输出的光谱通过扫描 Fabri-Perot 光谱仪测量,光谱仪的自由光谱区为 3 GHz。锯齿波电压加到压电位移器上,图 3(a),(b)是不同驱动电压下的输出激光谱,在测量过程中没有跳模现象。示波图上两个尖峰之间是一个自由光谱区。比较 3(a),(b),可以看到代表单频的峰值信号移动了 2.8 个小格,由此可以计算出扫频范围为  $3 \times \frac{2.8}{15} = 0.56 \text{ GHz} = 560 \text{ MHz}$ 。

12(4):239-241

- 2 J. K. Jabczynski, I. Peshko. Novel solid state lasers for optical velocimetry[C]. *SPIE*, 1995, 2729:22-30
- 3 T. J. Kane, R. L. Byer. Monolithic, unidirectional single-mode Nd:YAG ring laser[J]. *Opt. Lett.*, 1985, 10(2):65-67
- 4 M. Bode, I. Freitag, A. Tunnermann *et al.* Frequency-tunable 500 mW continuous-wave all-solid-state single-frequency source in the blue spectral region [J]. *Opt. Lett.*, 1997, 22(15): 1220-1222
- 5 T. J. Kane, E. A. P. Cheng. Fast frequency tuning and phase locking of diode-pumped Nd:YAG ring lasers [J]. *Opt. Lett.*, 1998, 13(11):970-972
- 6 D. Golla, I. Freitag, H. Zellmer *et al.* 15 W single-frequency operation of a cw, Diode laser pumped Nd:YAG ring laser [J]. *Opt. Commun.*, 1993, 98:86-90
- 7 W. Keying, Y. Suhui C. M. Zhao *et al.* Single-frequency Nd:YAG ring lasers with corner cube prism[J]. *Chin. Phys. Lett.*, 2000, 17(10): 728-730