

文章编号: 0258-7025(2010)11-2784-06

# 双腔大频差双频全固态激光器设计与实验研究

焦明星 邢俊红 刘芸 杨云 马少华

(西安理工大学机械与精密仪器工程学院精密仪器系, 陕西 西安 710048)

**摘要** 为了获得大频差双频激光输出,设计了一种由偏振分光棱镜和半波片组成的新型双折射滤光片作为激光纵模选择元件。将这种新型双折射滤光片置于激光二极管(LD)抽运 Nd:YAG 激光器的谐振腔内,实现了单纵模激光振荡。绕激光腔轴旋转半波片以改变波片快轴与偏振分光棱镜偏振面之间的夹角,发现单纵模激光输出功率发生周期性变化,变化周期约为  $\pi/2$ 。设计并实验研究了一种 LD 抽运双腔大频差双频 Nd:YAG 激光器,其两个驻波谐振腔(即直线腔和直角腔)共用相同的激光介质和纵模选择元件,1064 nm 激光 p 分量和 s 分量分别在直线腔和直角腔内同时以单纵模振荡,改变每一谐振腔的长度可以调谐腔内单纵模激光的谐振频率,从而实现双频激光频差调谐。实验观察到 1064 nm 正交线偏振双频激光的频差在 27~113.4 GHz 范围内可调谐。

**关键词** 激光器;大频差双频全固态激光器;双折射滤光片;Nd:YAG 晶体;偏振分光棱镜;半波片

中图分类号 TN248.1 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL20103711.2784

## Design and Experimental Study of Two-Cavity Dual-Frequency All-Solid-State Laser with Large Frequency Difference

Jiao Mingxing Xing Junhong Liu Yun Yang Yun Ma Shaohua

(Department of Precision Instruments, School of Mechanical and Instrumental Engineering,  
Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

**Abstract** In order to obtain the output of dual-frequency laser with large frequency difference, a new birefringent filter consisting of a polarizing beam splitter and a half wave-plate has been designed as a laser longitudinal mode selector. When the birefringent filter is included in a laser-diode(LD)-pumped Nd:YAG laser cavity, the laser is enforced to oscillate in single longitudinal mode. When the angle between the fast axis of the half wave-plate and the polarizing plane of the polarizing beam splitter is changed by rotating the half wave-plate around the laser cavity axis, the output power of the single axial mode laser varies periodically with a period of approximately  $\pi/2$ . A LD-pumped two-cavity dual-frequency Nd:YAG laser with large frequency difference has been designed and experimentally investigated, which has both straight and right angle standing-wave cavities sharing the same gain medium and the longitudinal mode selector. The p- and s-component of 1064 nm laser light oscillate simultaneously in single longitudinal mode in the straight and right angle cavities, respectively. The resonant frequency of the single longitudinal mode oscillated in each resonant cavity can be tuned by changing each cavity-length so that the frequency difference of the dual-frequency laser is tuned. It has been observed experimentally that the frequency difference of the orthogonally and linearly polarized dual-frequency laser at 1064 nm is tunable in a range from 27 to 113.4 GHz.

**Key words** lasers; dual-frequency all-solid-state laser with large frequency difference; birefringent filter; Nd:YAG crystal; polarizing beam splitter; half wave-plate

## 1 引言

大频差双频激光器在激光干涉测量、激光通信、

太赫兹(THz)产生等技术领域具有广阔的应用前景,引起了国内外专家学者的高度重视和浓厚的研究兴

收稿日期: 2009-12-22; 收到修改稿日期: 2010-01-03

基金项目: 国家自然科学基金(50775180)和西安市科技计划(CXY08009)资助课题。

作者简介: 焦明星(1962—),男,博士,教授,博士生导师,主要从事新型激光器、激光传感与测量等方面的研究。

E-mail: jiaomx@xaut.edu.cn

趣,并取得了一系列重要研究成果<sup>[1~9]</sup>。与气体激光器相比,Nd:YAG 等固体激光器具有更宽的增益线宽,可以产生更大频差的双频激光输出,成为近年来大频差双频激光技术的主要研究对象。目前,产生双频激光的基本思想是在单纵模激光谐振腔内引入双折射效应,使单纵模分裂为两个正交线偏振模,从而获得双频激光同时振荡输出;常用的双频激光产生方法主要有晶体双折射法布里-珀罗(F-P)标准具法<sup>[3,4]</sup>、应力双折射法<sup>[5,6]</sup>、扭转模腔法<sup>[7~9]</sup>等。本文在深入分析双折射滤光片选模原理的基础上,设计了一种双腔大频差双频 Nd:YAG 激光器,并进行了实验研究,获得了 1064 nm 正交线偏振双频激光同时振荡输出,最大频差达到 113.4 GHz。

## 2 设计原理

由激光原理可知,均匀加宽的激光器具有自选模特性,一般以单纵模振荡,但当外部激发较强时,由于存在增益的空间烧孔效应,激光器往往以多纵模工作<sup>[10]</sup>,Nd:YAG 激光器也不例外,因此,为了实现双频 Nd:YAG 激光同时振荡输出,激光单纵模选择是必不可少的。在诸多的激光纵模选择方法中,由布儒斯特片和双折射晶体共同组成的双折射滤光片选模法得到了深入研究和广泛应用<sup>[11~13]</sup>。当驻波激光器谐振腔内含有双折射滤光片时,振荡激光经布儒斯特片起偏后的线偏振光在双折射晶体中分解为寻常光(o 光)和非寻常光(e 光),往返通过双折射晶体后 o 光和 e 光的相位差可表示为

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi\Delta nd}{\lambda}, \quad (1)$$

式中  $\Delta n$  和  $d$  分别为晶体的双折射率和几何长度, $\lambda$  为振荡激光波长。当相位差  $\Delta\varphi$  为  $2\pi$  的整数倍时,相应波长的偏振光因在布儒斯特片上遭受的损耗最小(可以忽略不计)而在腔内持续振荡,而其他波长的偏振光因在布儒斯特片上遭受较大损耗而被抑制。由(1)式可以推导出双折射滤光片的自由光谱范围(即相邻两透射极大峰的频率间隔) $f_{\text{FSR}}$  为

$$f_{\text{FSR}} = \frac{c}{2\Delta nd}. \quad (2)$$

当  $f_{\text{FSR}}$  大于激光器的增益带宽,并且两相邻激光纵模在双折射滤光片透射峰处的损耗差别足够大时,激光器将以单纵模振荡。为了获得大功率单频激光输出,可在腔内平行放置多个布儒斯特片,与双折射晶体共同组成选模能力更强的双折射滤光片<sup>[14]</sup>。

从以上选模原理可以看出,传统双折射滤光片的选模能力有限,难以获得较大功率单频激光输出,通过增加布儒斯特片数量可以有效增强双折射滤光片的选模能力,但随着布儒斯特片数量的逐渐增多,必然产生激光器结构复杂化等结果,为了克服这一缺点,可以采用偏振分光棱镜(PBS)代替腔内多个布儒斯特片;另外,传统双折射滤光片中的双折射晶体对振荡的单纵模激光而言相当于一个半波片( $\lambda/2$ ),即线偏振光往返通过半波片后的相位差为  $2\pi$  的整数倍,因此可用一个半波片代替双折射晶体,于是,由一只 PBS 和一片晶体制作的半波片就可以组成一种选模能力很强的新型双折射滤光片(简称为 PBS- $\lambda/2$ )。当 Nd:YAG 激光腔内含有双折射滤光片 PBS- $\lambda/2$  时,若使 1064 nm 激光的 p 分量和 s 分量分别在两个谐振腔内同时以单纵模振荡,就可产生正交线偏振(即 p 偏振和 s 偏振)1064 nm 双频激光输出,双频激光振荡原理如图 1 所示。

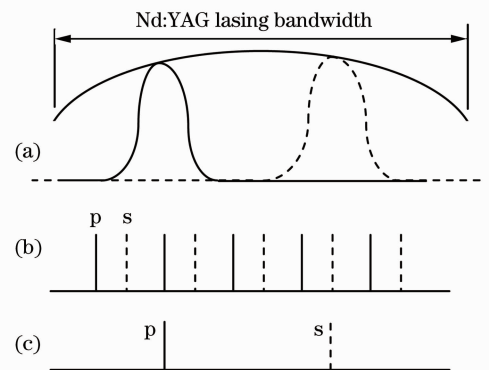


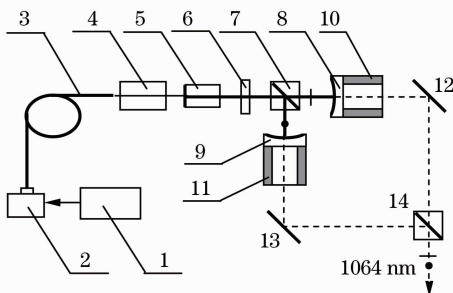
图 1 双频 Nd:YAG 激光振荡原理。(a)增益曲线及双折射滤光片对 p 模(实线)和 s 模(虚线)的透射率曲线,(b)激光频率梳,(c)p 模与 s 模同时振荡

Fig. 1 Oscillating principle of dual-frequency Nd:YAG laser. (a) gain and transmission curves of birefringent filter for p-mode (solid line) and s-mode (dot line), (b) laser frequency combs, (c) simultaneous oscillation of p-mode and s-mode

## 3 实验系统

激光二极管(LD)端面抽运 1064 nm 正交线偏振双频 Nd:YAG 激光系统如图 2 所示。LD 控制器 1 用于控制 LD 2 的注入电流和工作温度。从 LD 尾纤 3 出射的 808 nm 光波经自聚焦透镜 4 汇聚到 Nd:YAG 晶体 5 的左端面,该面镀有双色介质膜(即对 1064 nm 振荡激光高反,同时对 808 nm 抽运光增透),作为激光谐振腔的后反射镜,而 Nd:YAG 晶

体5的右端面镀有 1064 nm 增透介质膜;沿自聚焦透镜 4 的光轴并在 Nd:YAG 晶体5右侧依次设置 1064 nm 半波片 6, PBS 7 和球面输出耦合镜 8, Nd:YAG晶体5左端面介质膜与输出耦合镜 8 构成直线型驻波谐振腔(简称直线腔);在垂直于直线腔轴线方向并与 PBS 7 相对应的位置设置另一输出耦合镜 9, Nd:YAG 晶体左端面介质膜与球面输出耦合镜9构成直角型驻波谐振腔(简称直角腔)。可以看出,两个谐振腔内包含相同的 Nd:YAG 晶体和双折射滤光片 PBS- $\lambda/2$ ,使 1064 nm 激光 p 分量和 s 分量分别在直线腔和直角腔内同时以单纵模振荡输出,经平面反射镜 12,13 和 PBS 14 合光,实现正交线偏振 1064 nm 双频激光同轴输出。球面输出耦合镜 8 和 9 分别与压电陶瓷管(PZT)10 和 11 粘结在一起,改变 PZT 内外壁电极间的电压可以微调直线腔和直角腔的长度,从而实现双频激光频率和频差的调谐。



1: LD controller; 2: LD; 3: optical fiber; 4: gradient-index lens; 5: Nd:YAG crystal; 6: half wave-plate; 7,14: polarizing beam splitters; 8,9: output couplers; 10,11: PZT tubes; 12,13: plane mirrors

图 2 LD 抽运 1064 nm 双频 Nd:YAG 激光系统

Fig. 2 Schematic diagram of LD-pumped dual-frequency Nd:YAG laser at 1064 nm

实验所用 LD 2 的最大出纤功率为 1 W, LD 尾纤 3 的芯径为 100  $\mu\text{m}$ , 数值孔径为 0.22; 自聚焦透镜 4 的尺寸为  $\phi 2.6 \text{ mm} \times 6.5 \text{ mm}$ , 数值孔径为 0.6; Nd:YAG 晶体5的尺寸为 3 mm  $\times$  3 mm  $\times$  5 mm(通光长度为 5 mm); 1064 nm 半波片 6 的直径和厚度分别为  $\phi 10 \text{ mm}$  和 699 nm, 将其置于激光腔内的小型转台上, 使半波片 6 可以绕激光腔轴旋转, 以便改变半波片 6 快轴与 PBS 7 偏振面之间的夹角; PBS 7 和 14 的尺寸均为 12.7 mm  $\times$  12.7 mm  $\times$  12.7 mm, p 光透射率和 s 光反射率分别为 96% 和 99%; 球面输出耦合镜 8 和 9 的曲率半径均为 100 mm, 球面镀有 1064 nm 反射介质膜, 反射率均

为 96.4%; PZT 10 和 11 的尺寸均为  $\phi 12 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ , 直线腔和直角腔的光学长度约为 55 mm。

## 4 实验方法、实验结果及分析

### 4.1 单腔单纵模激光输出功率调谐特性

在图 2 所示的激光系统中, 暂且移去直角腔的球面输出耦合镜 9 和与其粘接的 PZT11, 而在该位置附近放置 1064 nm 共焦 F-P 扫描干涉仪以观察直线腔的振荡模谱, 并用功率计测量从直线腔输出耦合镜 8 出射的激光功率。通过 LD 控制器 1 调节 LD 2 的注入电流和工作温度, 并仔细调整自聚焦透镜 4、PBS 7 和输出耦合镜 8 等元件的方位, 获得了 1064 nm 基横模、单纵模激光振荡输出, 其模谱如图 3 所示。

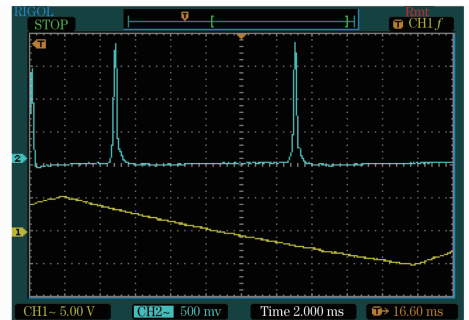


图 3 1064 nm 单纵模 Nd:YAG 激光模谱

(下部是共焦 F-P 扫描干涉仪的锯齿波驱动信号)

Fig. 3 Single longitudinal mode pattern of Nd:YAG laser at 1064 nm (lower trace being the saw-tooth signal driving the scanning F-P interferometer)

绕激光腔轴旋转半波片 6 以改变快轴与 PBS 7 偏振面之间的夹角, 发现该角度在  $0 \sim 2\pi$  范围内变化时, 激光器均可工作在单纵模状态, 在 Nd:YAG 晶体5端面抽运功率为 800 mW 的条件下, 实验测得单频激光输出功率随半波片 6 转角  $\theta$  的调谐特性如图 4(a) 所示, 可以看出输出功率发生周期性变化, 变化周期约为  $\pi/2$ 。从图 4(a) 中还可看出, 当半波片 6 的角位置在  $0^\circ$  和  $350^\circ$  附近时, 输出功率比其他角位置处的输出功率明显变大(最大输出功率为 42.3 mW), 这主要是由于半波片 6 的工作面与激光腔轴之间存在垂直度误差而造成的。相同条件下, 可以获得单直角腔单频激光输出功率的调谐特性变化规律, 如图 4(b) 所示。

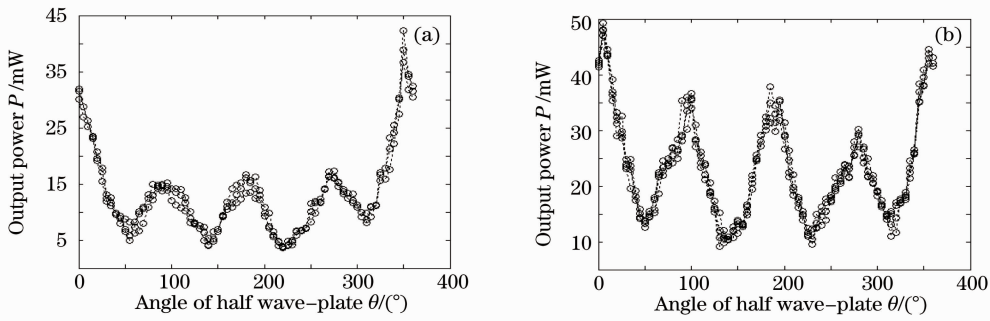


图 4 1064 nm 单频激光输出功率随半波片转角的实验变化规律。(a)直线腔,(b)直角腔

Fig. 4 Experimental dependence of 1064 nm single-frequency laser output power versus rotation angle of half wave-plate in (a) straight cavity and (b) right angle cavity

#### 4.2 双腔双频激光同时振荡特性

建立如图 2 所示激光系统,当 Nd:YAG 晶体 5 的端面抽运功率为 800 mW 时,实现了直线腔和直角腔单纵模同时振荡输出。用检偏器检查两输出光的偏振态,发现二者是正交线偏振光;旋转半波片 6 以改变其快轴与 PBS 7 偏振面之间的夹角,并测量直线腔和直角腔的单频激光输出功率,其功率调谐特性如图 5 所示。可以看出,直线腔和直角腔的单频激光输出功率随半波片 6 转角  $\theta$  的变化而呈现出周期性变化规律,变化周期约为  $\pi/2$ ,并且二者总是反相位变化的,即直线腔输出功率达到最大(小)时直角腔的输出功率达到最小(大)。其根本原因是两谐振腔共用了 Nd:YAG 晶体 5 中的同一部分激活离子  $\text{Nd}^{3+}$ ;另外,直角腔输出功率调谐曲线位于直线腔输出功率调谐曲线之上,即直角腔单频激光功率大于直线腔单频激光功率,这主要是由于腔内 PBS 7 的 s 分量反射率大于 p 分量透射率之故。

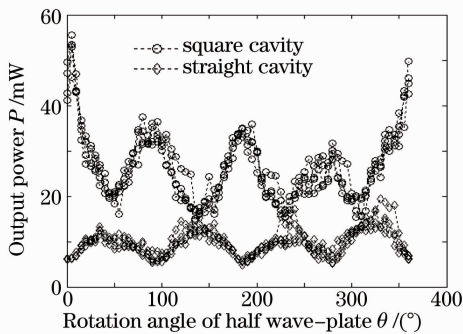


图 5 双频激光输出功率与半波片转角的实验关系

Fig. 5 Experimental dependences of dual-frequency laser output power versus rotation angle of half wave-plate

为了更有利于实现双腔单纵模的同时振荡输出,两激光腔内单纵模应获得相近甚至相等的增益系数,因此,腔内半波片 6 的快轴与 PBS 7 偏振面间的夹角应在  $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$  或  $315^\circ$  附近选取。旋转半波片 6,

使其快轴与 PBS 7 偏振面之间成  $45^\circ$  夹角,实现了 1064 nm 激光 p 分量和 s 分量分别在直线腔和直角腔内同时以单纵模振荡,当 Nd:YAG 晶体端面抽运功率为 800 mW 时,测得从输出耦合镜 8 和 9 输出的两单纵模激光功率分别为 12 mW 和 21 mW。

#### 4.3 双频激光频差调谐特性

在图 2 所示实验系统中,将腔内尺寸为  $12.7 \text{ mm} \times 12.7 \text{ mm} \times 12.7 \text{ mm}$  的 PBS 7 替换为尺寸只有  $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$  的小型 PBS(其 p 光透射率和 s 光反射率分别为 95% 和 99.9%),并使腔内半波片 6 的快轴与小型 PBS 偏振面仍然保持  $45^\circ$  夹角。由于无需再用转台来改变半波片 6 的角位置,加之使用了小型 PBS,从而可将直线腔和直角腔的光学长度由原来的约 55 mm 缩短为约 20 mm,这样既提高了单纵模选择能力(增大了纵模间隔),又降低了激光器的振荡阈值(减小了腔内损耗)。通过仔细调节两谐振腔,可获得 p 偏振单纵模和 s 偏振单纵模激光同时振荡,当 Nd:YAG 晶体端面抽运功率为 800 mW 时,从输出耦合镜 8 和 9 输出的两单纵模激光功率分别为 46 mW 和 50 mW。

通过一数值孔径为 0.24 的 8 倍显微物镜,将从合光用 PBS 14 出射的同轴传播 1064 nm 正交线偏振双频激光耦合进入长度为 1 m 的多模石英光纤(纤芯直径  $200 \mu\text{m}$ ,数值孔径为 0.37,接头方式 FC-PC),并接入 AQ6317C 型光谱分析仪以测量双频激光的波长差(频率差)。在  $0 \sim 500 \text{ V}$  范围内改变加在 PZT 10 和 11 内外壁间的直流电压以微调直线腔和直角腔的长度,从而调谐双频激光的频差大小,图 6 给出了几种不同频差时的双频激光振荡模谱。由图 6(a)可以看出,直线腔单纵模激光(即 p 光)振荡波长  $\lambda_p = 1064.540 \text{ nm}$ ,直角腔单纵模激光(即 s 光)振荡波长  $\lambda_s = 1064.450 \text{ nm}$ ,其波长差  $\Delta\lambda = 0.090 \text{ nm}$ (相应的双频激光频差  $\Delta\nu = 27 \text{ GHz}$ );图 6(b)中  $\lambda_p = 1064.292 \text{ nm}$ ,  $\lambda_s = 1064.400 \text{ nm}$ ,

$\Delta\lambda=0.108\text{ nm}$ ,  $\Delta\nu=32.4\text{ GHz}$ ; 图 6(c) 中  $\lambda_p=1064.340\text{ nm}$ ,  $\lambda_s=1064.454\text{ nm}$ ,  $\Delta\lambda=0.114\text{ nm}$ ,  $\Delta\nu=34.2\text{ GHz}$ ; 图 6(d) 中  $\lambda_p=1064.682\text{ nm}$ ,  $\lambda_s=1064.406\text{ nm}$ ,  $\Delta\lambda=0.276\text{ nm}$ ,  $\Delta\nu=82.8\text{ GHz}$ ; 图 6(e) 中  $\lambda_p=1064.746\text{ nm}$ ,  $\lambda_s=1064.404\text{ nm}$ ,  $\Delta\lambda=0.342\text{ nm}$ ,  $\Delta\nu=102.6\text{ GHz}$ ; 图 6(f) 中  $\lambda_p=1064.764\text{ nm}$ ,  $\lambda_s=1064.386\text{ nm}$ ,  $\Delta\lambda=0.378\text{ nm}$ ,

$\Delta\nu=113.4\text{ GHz}$ 。以上实验结果表明,通过微调直线腔和直角腔长度,可以调谐双频激光的频差大小,实验观察到的频差调谐范围为  $27\sim 113.4\text{ GHz}$ ,其最大频差值  $113.4\text{ GHz}$  已比较接近 Nd:YAG 激光器的增益带宽,而  $27\text{ GHz}$  频差观测值尚未达到双频激光器的最小频差(最小频差理论值接近零),这主要受光谱分析仪的分辨率等因素限制。

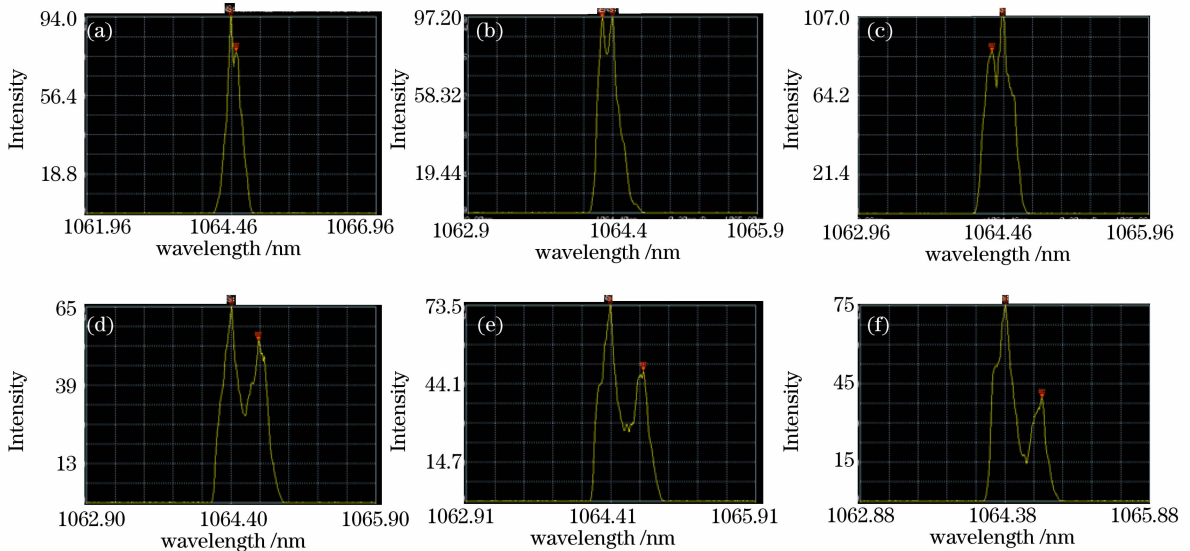


图 6 具有不同频差的 1064 nm 双频 Nd:YAG 激光振荡模谱。(a)27 GHz, (b)32.4 GHz, (c)34.2 GHz, (d)82.8 GHz, (e)102.6 GHz, (f)113.4 GHz

Fig. 6 Mode patterns of dual-frequency Nd:YAG laser at 1064 nm with different frequency differences of (a) 27 GHz, (b) 32.4 GHz, (c) 34.2 GHz, (d) 82.8 GHz, (e) 102.6 GHz, and (f) 113.4GHz, respectively

## 5 结 论

在分析传统双折射滤光片选模原理的基础上,采用 PBS 和半波片组成双折射滤光片  $\text{PBS}-\lambda/2$ ,并将其置于 LD 端面抽运 Nd:YAG 激光器的谐振腔内,成功实现了单纵模激光振荡输出,获得了单频激光功率随半波片快轴与 PBS 偏振面夹角变化的调谐规律。在此基础上,设计了一种双腔大频差双频 Nd:YAG 激光器研究方案,并从实验上验证了该方案的可行性,获得了 1064 nm 正交线偏振双频激光同时振荡输出,实验观察到频差调谐范围为  $27\sim 113.4\text{ GHz}$ 。对这种双腔双频 Nd:YAG 激光器结构进行优化设计,并深入研究双频激光频率和频差的调谐特性及稳定性,是目前和今后的主要研究内容。

## 参 考 文 献

1 Zhang Shulian. Principles of Orthogonally Polarized Lasers [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. 76~97  
张书练. 正交偏振激光原理[M]. 北京:清华大学出版社,2005. 76~97

2 Jiao Mingxing, Qi Ruili. Recent progress and developing trends of dual-frequency laser techniques [J]. *Optical Technology*, 2004, **30**(1):125~128  
焦明星, 祁瑞利. 双频激光技术研究新进展及发展趋势[J]. 光学技术, 2004, **30**(1): 125~128  
3 Jiao Mingxing, Zhang Shulian, Liang Jinwen. Birefringent dual-frequency Nd:YAG laser with large frequency-difference [J]. *Chinese J. Lasers*, 2001, **A28**(2):100~102  
焦明星, 张书练, 梁晋文. 大频差双折射双频 Nd:YAG 激光器[J]. 中国激光, 2001, **A28**(2):100~102  
4 Gouet J. Le, L. Morvan, M. Alouini *et al.*. Dual-frequency single-axis laser using a lead lanthanum zirconate tantalate (PLZT) birefringent etalon for millimeter wave generation: beyond the standard limit of tunability [J]. *Opt. Lett.*, 2007, **32**(9): 1090~1092  
5 V. G. Gudelev, V. V. Mashho, N. K. Nikeenko *et al.*. Diode-pumped cw tunable two-frequency YAG:Nd<sup>3+</sup> laser with coupled resonators [J]. *Appl. Phys. B*, 2003, **76**(3): 249~252  
6 Huang Chunling, Li Yan, Guo Hui *et al.*. A novel tunable dual-frequency laser with large frequency-difference [J]. *J. Optoelectronics • Laser*, 2002, **13**(3): 229~231  
黄春宁, 李岩, 郭辉等. 新型大频差可调谐双频激光器[J]. 光电子·激光, 2002, **13**(3): 229~231  
7 Lu Congcong, Zhao Changming, Wu Keying. Investigation of two-frequency laser in twisted mode cavity with fine detuning [J]. *J. Beijing Institute of Technology*, 1999, **19**(3):

343~347  
 卢葱葱, 赵长明, 吴克瑛. 利用微失调扭转模腔产生双频激光[J]. 北京理工大学学报, 1999, **19**(3): 343~347

8 M. Brunel, F. Bretenaker, Le A. Floch *et al.*. Tunable optical microwave source using spatially resolved laser eigenstates [J]. *Opt. Lett.*, 1997, **22**(6): 384~386

9 M. Brunel, O. Emile, F. Bretenaher *et al.*. Tunable two-frequency lasers for lifetime measurements [J]. *Opt. Rev.*, 1997, **4**(5): 550~552

10 Zhou Bingkun, Gao Yizhi, Chen Tirong *et al.*. Laser Principles [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004. 169~171  
 周炳琨, 高以智, 陈侗嵘 等. 激光原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004. 169~171

11 Shen Xiaohua, Chen Shaohu, Lin Zunqi *et al.*. Theoretical analyses and experimental investigation on selecting SLM by phase delay of a birefringent crystal [J]. *Acta Optica Sinica*, 1996, **16**(1): 7~15  
 沈小华, 陈绍和, 林尊琪 等. 用双折射晶体相位延迟法选纵模的理论分析和实验研究[J]. 光学学报, 1996, **16**(1): 7~15

12 Zheng Quan, Zhao Ling, Tan Huiming *et al.*. Single-frequency CW and pulse operation of diode-pumped green lasers[J]. *Chinese J. Lasers*, 2002, **A29**(9): 769~772  
 郑 权, 赵 岭, 檀慧明 等. 用布氏片实现有效连续和脉冲单频绿光输出[J]. 中国激光, 2002, **A29**(9): 769~772

13 J. Friel Graham, J. Kemp Alan, K. Lake Tanya *et al.*. Compact and efficient Nd:YVO<sub>4</sub> laser that generates a tunable single-frequency green output [J]. *Appl. Opt.*, 2000, **39** (24): 4333~4337

14 Quan Zheng, Ling Zhao, Longsheng Qian. Single-frequency operation of a diode-pump green laser using multi-Brewster plates [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2003, **1**(8): 480~481



## “2010 年中国光学重要成果”征稿启事

《激光与光电子学进展》的重点栏目——“年度中国光学重要成果”旨在介绍了中国光学领域科研人员在国际著名物理学、光学期刊(如 *Nature*, *Science*, *Phys. Rev. Lett.*, *Appl. Phys. Lett.*, *Opt. Lett.* 等)发表的具有重要学术、应用价值的论文。本栏目 2009 年度共评选出近 30 篇高质量的论文,获得了读者的广泛好评。

本刊 2011 年第 3 期继续推出“2010 年中国光学重要成果”栏目,现邀请您向本刊推荐稿件(包括自荐)。推荐稿件要求说明如下:

1. 稿件条件:研究成果已发表在 2010-01-01~2010-12-31 期间出版的国际知名物理学、光学刊物上,如 *Nature*, *Science*, *Phys. Rev. Lett.*, *Appl. Phys. Lett.*, *Opt. Lett.* 等。
2. 推荐形式:提供推荐稿件的 pdf 版本,并最好提供 500 字左右的推荐意见。标出推荐论文的所属研究领域,如自适应光学,生物光子学,探测器,衍射光学,光纤光学,纳米光学,非线性光学,光学工程,光子结构等。
3. 投稿截止日期:2010 年 12 月 31 日。投稿邮箱:lop@siom.ac.cn。

《激光与光电子学进展》编辑部  
2010-10-20