

新型自倍频激光器实现双波长锁模运转*

由于光电子技术及其应用的不断发展,自倍频激光器越来越受到人们的关注。自倍频激光器是一种特殊的激光器,它利用基质的非线性效应把激活离子受激辐射产生的基频光进行频率转换,使激光器既可以输出基频光也可以输出倍频光。这种激光器简化了激光器设计,提高了激光器的实用效能。

近年来,伴随着高功率、高性能 InGaAs 激光二极管(LD)的发展,以掺 Yb^{3+} 材料为增益介质的全固态激光器引起了人们的浓厚兴趣。掺 Yb^{3+} 材料能级结构简单,量子缺陷小,不存在上转换和浓度淬灭可以实现高浓度掺杂,提高激光效率。此外 Yb^{3+} 离子在可见光波段没有吸收,所以在自倍频激光器的研究中,掺 Yb^{3+} 激光材料作为激光介质有较大的优势。本文报道了一种利用激光二极管抽运新型 $\text{Yb}^{3+}:\text{Gd}_{0.2}\text{Y}_{0.75}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ (简称 $\text{Yb}:\text{GdYAB}$) 晶体,实现了红外基频光和自倍频绿光双波长同时运转的锁模激光器。

山东大学李静等在自倍频晶体 $\text{Yb}:\text{YAB}$ 研究的基础上,用一部分 Gd^{3+} 离子代替 YAB 中部分 Y^{3+} 离子时,发现晶体局部结构的对称性将进一步降低。我们对该晶体进行了红外基频光和自倍频实验研究,在连续光方面均实现了高效率运转,证明了 $\text{Yb}:\text{GdYAB}$ 晶体的优越性。在此基础上,进一步对该晶体进行了锁模实验研究。

实验装置如图 1 所示。抽运源为光纤耦合的激光二极管(UM-5200-50-15, Germany)。实验样品是一个掺 Yb^{3+} 原子数分数为 5% 的立方型晶体,尺寸为 $3\text{ mm}\times 3\text{ mm}\times 3\text{ mm}$,通光方向两面抛光没有镀膜。为了实现双波长同时锁模输出,设计了一个等效的四镜折叠腔。 M_1 是一个平面双色镜,镀 1040 nm 高反膜 ($R > 99.5\%$) 和 976 nm 增透膜 ($T > 90\%$)。凹面镜 M_2 的曲率半径为 300 mm,折叠角为 5° ,其镀 1030~1080 nm 高反膜,对于 520 nm 绿光的透射率为 60%。平面输出镜 OC 对基频光的透射率为 1%。用一个半导体可饱和吸收镜 (SESAM) 启动锁模,半导体可饱和吸收镜前的凹面镜 M_3 曲率半径为 100 mm,镀有 1010~1080 nm 的高反膜。PD1 和 PD2 是两个光电二极管,分别用于探测从激光器输出的红外基频光和自倍频绿光的锁模脉冲信号,为了免除残余的红外基频光对 PD2 的探测影响,在 PD2 前面放置了一个短通滤波片 SF。抽运光路中的 M_4 是一个对抽运光高透对绿光高反

的双色镜,用于防止从 M_1 泄漏的自倍频绿光将抽运源打坏。

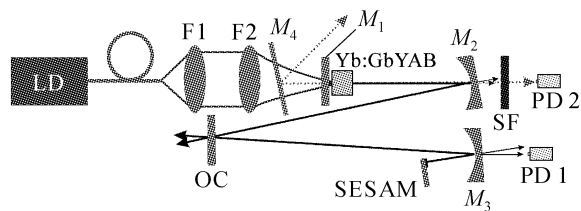


图 1 $\text{Yb}:\text{GdYAB}$ 锁模激光器的实验装置
Fig. 1 Experimental setup of $\text{Yb}:\text{GdYAB}$ mode-locking laser

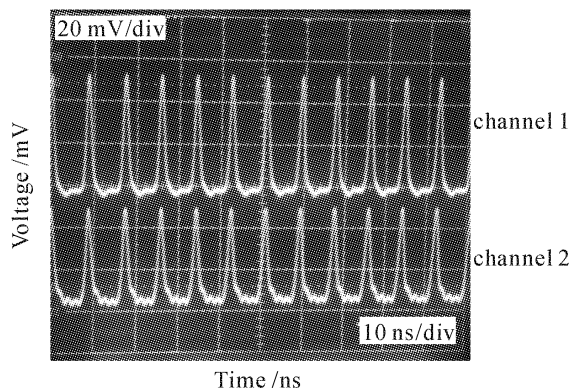


图 2 $\text{Yb}:\text{GdYAB}$ 锁模激光器的双波长锁模脉冲序列
Fig. 2 Double wavelength mode-locking pulse sequences of $\text{Yb}:\text{GdYAB}$ mode-locked laser

用一个模拟示波器(Iwatsu-SS-7840, Japan)同时记录 PD1 和 PD2 输出的锁模脉冲序列,如图 2 所示。Channel1 和 Channel2 分别是红外基频光和自倍频绿光的锁模脉冲信号。由于晶体的自倍频特性,当红外激光锁模运转后,自倍频绿光也以脉冲的形式输出。测量基频红外光和自倍频绿光的中心波长分别为 1043 nm 和 521.5 nm,在 2.6 W 的吸收功率下,得到红外基频光总的输出平均功率为 300 mW,测量其脉冲宽度为 1.2 ps。而自倍频绿光脉冲的平均输出功率为 15 mW。

¹ 天津大学精密仪器与光电子工程学院,光电信息技术科学教育部重点实验室,天津 300072
² 山东大学晶体材料国家重点实验室,山东 济南 250100
薛迎红¹, 刘庆文¹, 李 静², 王继扬², 柴 路^{1**}, 王清月¹
收稿日期:2007-09-28;收到修改稿日期:2007-10-22