

一种获得 $1.3188\mu\text{m}$ 单一谱线 Nd:YAG TEM₀₀ 模激光的新方法*

黄呈辉 林文雄 曾瑞荣 沈鸿元

(中国科学院福建物质结构研究所, 福州, 350002)

摘要: 提出了一种获得 $1.3188\mu\text{m}$ 单一谱线 Nd:YAG TEM₀₀ 模激光的新方法, 通过实验验证, 取得了满意的效果。

关键词: 单一谱线 激光

A new method for obtaining single wavelength $1.3188\mu\text{m}$ Nd:YAG TEM₀₀ mode laser

Huang Chenghui, Lin Wenxiong, Zeng Ruihong, Shen Hongyuan

(Fujian Institute of Material Structure, Academia Sinica, Fuzhou, 350002)

Abstract: In this paper, we proposed a new method to design a Nd:YAG laser operating at $1.3188\mu\text{m}$ single wavelength and TEM₀₀ mode. To construct the laser, we employed a aperture and especially coated films to restrain $1.3200\mu\text{m}$ spectrum and exit $1.3188\mu\text{m}$ oscillation spectrum. The satisfactory results were obtained through the experiments.

Key words: single wavelength laser

由于 $1.3\mu\text{m}$ 激光处于大气窗口、光纤低损耗和接近零色散区域, 在光纤通讯和大气研究等领域中具有重要的应用价值和广泛的应用前景, 日益受到人们的重视。Nd³⁺:YAG 晶体中 Nd³⁺ 离子 $^4F_{3/2} \sim ^4I_{13/2}$ 的跃迁, 由于该能态斯塔克分裂能级差别很小, 跃迁所产生的激光波长极为接近, 这就给实际应用尤其是那些需要单一谱线振荡和高光束质量的应用带来了困难。已有一些解决这一难题的方法, 但最常用的技术是在腔内插入标准具, 通过改变激光振荡的光程差, 使标准具的透过率随波长而变化, 从而获得单一谱线激光^[1, 2, 3]。但这一技术要求标准具的插入损耗要小、光学质量要好、加工精度高和调整精度要求高, 这些不仅增加了成本, 还使系统复杂, 调整难度大, 系统的可靠性下降。

为了克服上述不足并获得较大功率 TEM₀₀ 模激光输出, 我们在进行以下分析的基础上, 认为采用镀特殊介质膜系加小孔光阑选模的方法可能获得 $1.3188\mu\text{m}$ 单一谱线 TEM₀₀ 模激光输出。

1. 从文献[1][2]给出的 Nd³⁺:YAG 晶体 $1.3\mu\text{m}$ 波段不同波长对应的跃迁截面数据可以明显看出, $1.3188\mu\text{m}$ 和 $1.3382\mu\text{m}$ 这两条谱线的跃迁截面相差不大, 分别为 $8.7 \times 10^{-20} \text{cm}^2$ 和 $9.2 \times 10^{-20} \text{cm}^2$, 因此, $1.3382\mu\text{m}$ 激光的振荡是首先必须予以抑制的。而与 $1.3188\mu\text{m}$ 谱线

* 福建省自然科学基金资助。

极为接近的 $1.3200\mu\text{m}$ 谱线, 其跃迁截面还不足 $1.3188\mu\text{m}$ 谱线的 $1/4$ 。因此, $1.3200\mu\text{m}$ 激光的振荡由于它的“先天不足”是比较容易被抑制的。为此, 只要镀制特殊膜系抑制 $1.3382\mu\text{m}$ 激光的振荡, 获得 $1.3188\mu\text{m}$ 单一谱线激光是有可能的。

2. 要实现固体激光器单一谱线运转, 在技术上应克服由驻波型谐振腔产生的驻波效应引起的工作物质内增益的空间变化即空间烧孔效应。

通过上述分析, 我们设置了如图所示的实验装置。从图中可以看出, 实验用的谐振腔为平行平面腔, 由于腔内省去了标准具, 整个装置简单实用, 系统的可靠性也相应提高了。实验中需要解决的关键问题: 一是介质膜系的镀制, 图中的 M_1 为全反镜, 镀上宽带全反膜即可, M_2 为输出镜, 为了有效抑制 $1.3382\mu\text{m}$, 我们选用的膜层对 $1.3382\mu\text{m}$ 的反射率 $\leq 94\%$, 而对 $1.3188\mu\text{m}$ 的反射率则为 97% , 实验结果证实这种选择可以实现 $1.3188\mu\text{m}$ 单一谱线运转。二是光阑孔径的选择, 经实验选定选模光阑的孔径为 $f1.3\text{mm}$ 时, 既能获得较大功率的 TEM_{00} 模激光输出, 又能确保是单一激光谱线振荡。三是激光棒的选用, 既要满足获得较大功率的 TEM_{00} 模输出, 又要考虑输出的稳定性, 实验用 $f6\text{mm} \times 100\text{mm}$ $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 激光棒, 镀上宽带增透膜。当输入电功率为 6kW 时, $1.3188\mu\text{m}$ 连续多模激光输出达 50 多瓦, 光阑选模后得到了近 8W TEM_{00} 模激光输出功率。用套孔法测得其远场发散角小于 2mrad 。用 44W 型平面光栅单色仪测定波长, 从 $1\mu\text{m}$ 到 $1.5\mu\text{m}$ 波长范围内扫描, 只有 $1.3188\mu\text{m}$ 波长激光输出, 未见到其它谱线激光。

以上实验结果表明, 采用特殊膜系取代标准具获得单一谱线激光, 确为一种简单、实用、可靠的新方法, 在一些特殊的实际应用中很有推广的意义。

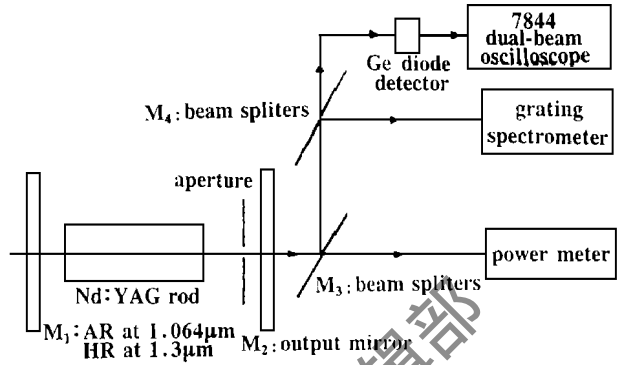


Fig Experimental setup of single wavelength $1.3188\mu\text{m}$ Nd:YAG TEM_{00} mode laser

参 考 文 献

- 1 张秀荣, 吴光照. 中国激光, 1985; 12(7):44
- 2 张秀荣. 激光与红外, 1987; 17(8):29
- 3 Marling. IEEE J Q E, 1978; QE14(1):56

作者简介: 黄呈辉, 男, 1951年6月出生。高级工程师。主要从事激光器件研究工作。

收稿日期: 1997-06-10 收到修改稿日期: 1998-03-02