

整体可调谐He-Ne激光器的研制

马有年 丁金星

(国防科技大学应用物理系, 长沙)

摘要: 本文介绍一种简单、整体可调谐的He-Ne激光器结构, 可输出543nm(绿), 594nm(黄), 605nm, 612nm(橙), 633nm, 640nm(红)等波长, 并给出实验结果。相当于美国1991年9月最新产品。

Study of a tuned and monolithic He-Ne laser

Ma Younian, Ding Jinxing

(Department of Applied Physics, National University of Defence Technology)

Abstract: This paper introduces a simple and monolithic He-Ne laser with a tuned construction. The experimental results show that the laser can work at several wavelengths with the tuned construction, such as 543 nm (green), 594 nm (yellow), 605 nm, 612 nm (orange), 633nm and 640 nm (red). The output characteristics are discussed.

一、引言

多波长He-Ne激光器已有许多报导^[1~5], 它们全是外腔式散装系统, 即放电管、色散元件(棱镜或光栅)、反射镜片等都是分立的, 然后将各个元件的支架装在一个平台或支座上。有的还需要附加非均匀磁场。这种装置使用非常不便, 在一般的实验室中由于灰尘落在各个光学元件上, 对激光输出有很大的影响。为此, 我们设计了一种半外腔整体结构, 不需要外加磁场, 获得了543nm(绿光~0.1mW), 594nm(黄光~0.3mW), 605nm(橙光), 612nm(橙光~0.9mW), 633nm(红光~3.4mW)以及640nm(红光)等单色激光输出。激光管放电长度 $l=500\text{mm}$, 内径 $\phi 1.6\text{mm}$, 谐振腔长 $L=650\text{mm}$, 管外径 $\phi 40\text{mm}$ 。激光功率使用电子工业部十一所生产的HJG-1型激光功率计测量, 波长用北京光仪厂产的WDG30型光栅单色仪测量。

最近“Lasers & Optronics”报导^[7], 美国PMS电子光学公司研制出最新可选色的He-Ne激光器, 他们的各种单色激光输出与我们的激光器输出相似。

二、整体可调谐激光管结构

结构简图如图1所示。为了增加模体积和容易使谐振腔准直, 选用近共焦腔结构。谐振腔长 $L=650\text{mm}$, 两端反射镜曲率半径选用 $R=1\text{m}$, 反射率均为 $r\sim 99.98\%$ 。布氏窗口材料为

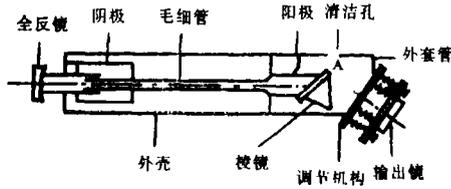


图1 整体可调谐激光管结构图

石英, 尺寸为12mm×18mm×2mm, 窗片与放电管用新的封接工艺。为了减少色散棱镜的吸收损耗, 材料也选用熔石英。棱镜与窗片用光胶粘接。外套管在阳极附近开一小洞, 用铜丝与阳极联接, 再引到管外。该小洞用环氧树脂粘堵。在外套管A位置开约 $\phi 10\text{mm}$ 的清洁孔, 因为环氧树脂固化时放出杂气对棱镜表面有污染, 擦净后用透明胶纸堵住。

这种结构不同于散装结构, 它是把布儒斯特窗、棱镜、输出镜调节机构等元件粘成整体, 和一般激光管一样使用简便, 对工作环境没有严格要求, 又可容易地调节出各种波长的激光输出。

三、实验结果

对不同的工作波长, 分别测出其输出特性。图2是波长为543nm部分测试结果。从实验曲线可看出, He, Ne气体的气压比在5.5:1~12:1, 输出功率较大, 其中He, Ne气压比在8:1~12:1最佳。最佳工作电流 $I_{opt} = 4.5\text{mA} \sim 5\text{mA}$, 该波长输出对电流要求较苛刻。 $P \cdot d = 2\text{Torr} \cdot \text{mm} \sim 2.8\text{Torr} \cdot \text{mm}$ 较好, 其中 P 为充气总气压, 单位为Torr, d 为毛细管内径, 单位为mm (1Torr = 13mm油柱)。

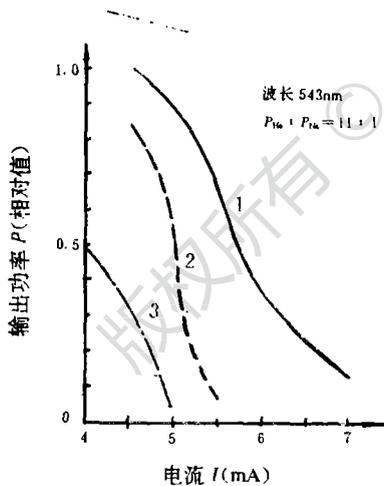


图2 波长为543nm的绿光输出特性曲线
1—总气压为21mm油柱 2—总气压为23mm油柱 3—总气压为25mm油柱

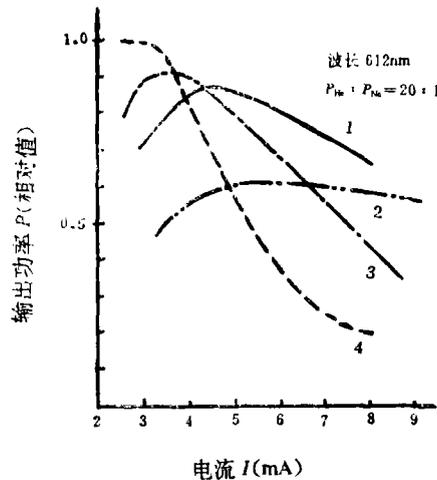


图3 波长为612nm的橙光输出特性曲线
1—总气压为28mm油柱 2—总气压为23mm油柱 3—总气压为33mm油柱 4—总气压为43mm油柱

图3是工作波长为612nm的部分测试结果。从实验可看出, 612nm的增益较大, 在较宽的He, Ne气压比范围5:1~32:1均能出光, 其中He, Ne气压比为17:1~25:1范围输出功率较强。 $P \cdot d \sim 5.5\text{Torr} \cdot \text{mm}$, $I_{opt} < 5\text{mA}$ 。

图4为波长594nm的黄光部分测试结果。He, Ne气体气压比从6:1~13:1范围均能出光, 其中气压比从6:1~8:1出光较强, $I_{0.5}$ = 5mA~7mA; 随着气压比的增加, $I_{0.5}$ 略有增加。P, d = 2.1 Torr·mm~3.2 Torr·mm。

四、几点看法

1. 从文献[6]可知, He-Ne激光器各谱线小信号增益差别很大, 见附表。其中绿光与黄光增益最小, 因此制做可调谐激光器时应以绿光输出为设计出发点, 即选用绿光振荡工作参数。

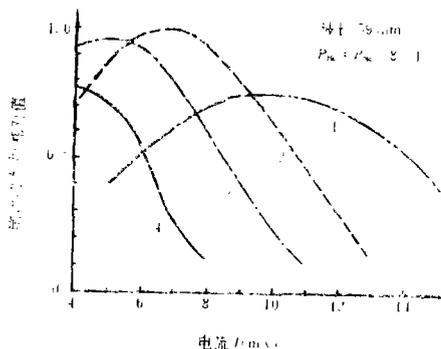


图4 波长为594nm的黄光输出特性曲线
1—总气压为16mm油柱 2—总气压为19mm油柱 3—总气压为22mm油柱 4—总气压为24mm油柱

附表 各谱线的小信号增益

λ (nm)	543	594	605	612	633	640
小信号增益(%)	0.66	0.71	0.68	2.1	11.0	4.0

2. 波长为543nm的绿光是 $3s_2 \rightarrow 2p_{10}$ 能级之间的受激辐射。波长为 $3.39\mu\text{m}$ 是 $3s_2 \rightarrow 3p_4$ 能级间的受激辐射, 而后的增益远远大于前者[6]:

$$g_{3.39} \approx 85g_{543} \approx 85 \times 25g_{543}$$

我们在制做 $3.39\mu\text{m}$ He-Ne激光器时发现, 由于 $g_{3.39}$ 很高, 其出光的工作参数(充气总压P, 工作电流I等)变化范围很宽。 $3.39\mu\text{m}$ 与543nm二者具有相同的上能级, 必然有竞争效应。为了取得绿光的激光振荡, 必须抑制 $3.39\mu\text{m}$ 谱线。一般选用棱镜或光栅等色散元件抑制 $3.39\mu\text{m}$ 谱线, 若加非均匀磁场可增加输出30%~40%。我们的激光器没有非均匀磁场。

若制做全内腔的绿光激光器, 膜层设计必须抑制 $3.39\mu\text{m}$ 谱线。

3. 由于绿光增益很小, 应尽量减少各部分的损耗。一般反射镜的反射率要大于99.96%, 否则很难形成振荡。棱镜的安放位置要准确, 表面要清洁, 不能有大的损耗点。我们的激光器绿光输出最初为0.3mW, 后因窗片擦伤损耗加大, 输出只有0.1mW。各光学元件也尽量选择对绿光吸收小的材料, 零件表面加工精度要高。

4. 准确地调腔及外套管合理地粘接也是非常重要的工艺。

高伯龙教授及王纪武副教授对本实验工作给予了指导与帮助, 研究生刘殿敏参加了实验工作, 韩书忠、杨晓晨师傅也参加部分实验工作, 在此对他们表示感谢。

参 考 文 献

[1] 游大江, 李 桦, 郑乐民 *et al.* 北京大学学报, 1983; (2): 75
 [2] 源永安, 陈文旋, 陈应标 *et al.* 激光杂志, 1990; 11 (3): 131
 [3] 秋 元, 义明·岩崎, 茂雄. 光学(日), 1986; 15 (2): 147

双光子激光的时间行为*

汪映海 胡成生

(兰州大学物理系, 兰州)

摘要: 对于双光子激光器的Maxwell-Bloch方程进行了多重时间尺度微扰分析, 给出了该系统随不同时间尺度演化的动力学行为。

Temporal aspects of two-photon laser

Wang Yinghai, Hu Chengsheng

(Department of Physics, Lanzhou University)

Abstract: The Maxwell-Bloch equation of two-photon laser is analyzed by use of multiple time-scale perturbation method. We find that dynamics behavior of the system vary with various time-scale.

一、引 言

在量子光学和非线性动力系统中, 一般用绝热消除的方法简化方程^[1,2]。但是这种方法并不能求解方程, 特别是在原子和光场的衰减率数值相差不大时该方法不再适用^[2]。多重时间尺度微扰分析是比绝热消除更为精确的一种近似方法, 并且已经用于单光子激光^[2]、单光子光学双稳态^[3,4]以及双光子光学双稳态^[5]的研究。本文在合作参数 C 远大1的极限下, 利用多重时间尺度微扰方法求解双光子激光器的动力学方程, 讨论该系统的时间演化行为。

二、模型的方程及其定态解

考虑原子均匀展宽的单模环形腔双光子激光器, 假定频率完全谐调, 光场最初为实场,

* 国家自然科学基金和甘肃省自然科学基金资助的课题。

[4] Dickman K. Laser Magazin, 1986, (4): 6

[5] 赵克功. 中国激光, 1987, (4): 205

[6] 林贞平, 王广浩. 激光杂志, 1990, 11(4): 185

[7] Lasers & Optronics, 1991, (9): 62

作者简介: 马有年, 男, 1935年5月出生。副教授。现从事激光器件及激光技术的教学与研究工作。

丁金星, 见本刊1992年, 第16卷, 第1期, 第29页。

收稿日期: 1992年3月20日。

收到修改稿日期: 1992年5月29日。