

He-Cd II 白光激光器中降低红光振荡阈值 提高输出功率新机理

赵刚 王欲知

(电子科技大学, 成都)

摘要:文章分析了空心阴极型He-Cd II 白光激光器中红光的振荡机理。采用超高纯度的金属元素Cd, 严格的电真空工艺, 降低了红光振荡阈值, 提高了输出功率, 大大改善了白光的彩色性能。

New mechanism of Decreasing oscillation threshold and increasing output power of red-light in He-Cd II white-light laser

Zhao Gang, Wang Yuzhi

(University of Electronic Science and Technology)

Abstract:The oscillation mechanism of red-light laser in the white-light laser of the He-Cd II hollow-cathode type is analysed. By means of using super highly pure metal Cd and the strict electric vacuum technique, the lower threshold and higher output power of red-light laser are achieved, and the color characteristics of white-light laser are greatly improved.

He-Cd II 空心阴极放电白光激光器, 在一根空心阴极管内同时振荡红(6360 Å, 6355 Å), 绿(5337 Å, 5378 Å)、蓝(4416 Å)三色激光, 两端配以宽带反射镜谐振腔, 可输出混合得很好的白色激光。

以往的He-Cd II 白光激光器, 红光振荡功率比蓝、绿光小得多, 且振荡阈值高。为解决该问题, V. V. Varner^[1]等用He-Cd-Hg空心阴极放电, 红光振荡在Hg II的615nm谱线上, 调节电流和压强, 红光功率与蓝、绿光相比可增加2~3倍。王欲知等^[2]用一种特殊结构的辅助正柱放电, 将He⁺注入到空心阴极放电区域中, 增强红光振荡的电荷转移效应, 从而提高红光振荡功率。也曾有人提出用放射性同位素金属Cd可达该目的。

上述几种方法, 在不同程度上都存在不妥之处。He-Cd-Hg激光器需充入Hg, 使管子结构复杂, Hg易与管内其他金属起反应, 如汞齐等, 另外Hg常温下对人体有毒; 注入He⁺

方法,其管体结构也较复杂,放射性同位素金属Cd,目前该元素不易获得,对人体有辐射,是否有效尚有待于实验。

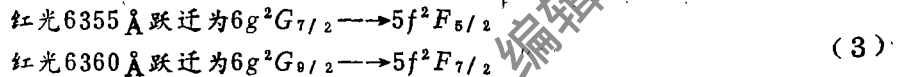
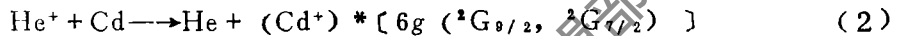
我们在分析了He-Cd II激光器中红光振荡的机理后,提出在保证较高的阴极纯度以及严格的真空除气工艺卫生条件下,金属Cd中杂质元素对红光振荡阈值高、输出功率小影响极大。我们用纯度6P(99.9999%)的超高纯金属Cd(真空封装),装入激光管中,在装管过程中,应注意使Cd不能氧化,暴露大气的的时间越短越好,经正常老炼出气后,红光几乎与蓝、绿光同时调出来,而以往的白光激光器,红光振荡所需的老炼时间比蓝、绿光长4~5倍。当充He气体压强8 Torr时,三色比红:绿:蓝=2.04:1.68:2.1,由此可见,金属Cd的纯度对降低红光振荡阈值、提高输出功率有较大的改善。

一、机理分析

众所周知,利用空心阴极放电,在阴极负辉区产生大量的高能电子,可把He气电离成He⁺



而He⁺和基态Cd原子碰撞,通过电荷转移效应可把Cd原子电离并激发到Cd⁺的更高能态:



显然,由(2)式可见,增加He⁺密度,使(Cd⁺)^{*}密度增加,从而使红光增益增大,而又从(1)式可知,增加高能电子密度,可使He⁺密度增加。

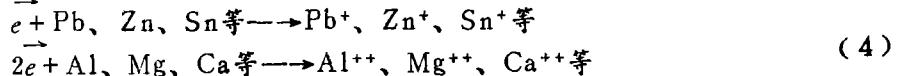
所以,保证有较大的高能电子密度和He⁺密度,可有效地减小红光振荡阈值,提高红光输出功率。

文献〔2〕中所述采用辅助正柱放电,将He⁺注入空心阴极放电区域,以提高He⁺的电荷转移效应,从而提高红光输出功率也是基于此原理。

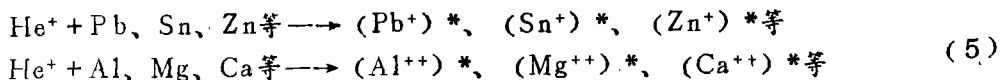
以往的He-Cd II白光激光器中使用的金属Cd,纯度5P(99.999%),用普通蜡封装,一般到用户手中时已长期暴露大气,其杂质含量〔3〕为Pb、1.0ppm, Zn、Sn、Ca、Al、Mg、Fe、As、均为0.5ppm;而我们实验所用金属Cd纯度6P,即99.9999%,其杂质含量〔4〕为Pb、0.1ppm,其余在0.05ppm以下。

对于外贮Cd类激光管,其外Cd炉温度一般320℃~360℃,局部区域温度可达400℃;对于内贮Cd类激光管,空心阴极内温度一般400℃,局部区域温度可达500~600℃,在如此高的温度下,一般的杂质金属均熔化,其金属蒸汽原子随Cd蒸汽原子进入空心阴极放电区域,并参加放电:

(1) 与高能电子发生第二类非弹性碰撞,并被电离,消耗高能电子:



(2) 与He⁺发生电荷转移效应,并被电离激发到更高能态,消耗He⁺:



显然,(4)、(5)两式对红光的振荡极为不利,使红光起振阈值增加,输出功率减小。

实验中,空心阴极材料本身的纯度以及真空除气、工艺卫生等都是至关重要的,阴极烧

氢或高频烘烤进行真空除气是必要的。本实验所用的可伐材料空心阴极经过严格电真空工艺清洗后，1000℃下烧氢，保证了阴极的清洁度，纯度6P的金属Cd粒采用特殊的工艺封入激光管内，保证了金属Cd完全不被氧化。

二、实验测试方法及结果

我们研制的笛形空心阴极放电白光激光器，阴极有效放电长度800mm，阳极20个，Cd炉20个，Cd炉温度340℃，阳极总电流900mA，结构示意图如图1所示。

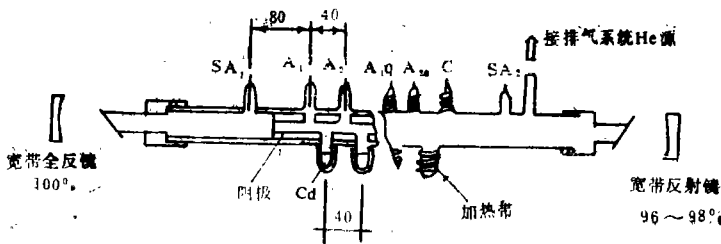


图1. He-Cd II 白光激光管结构示意图

(SA₁SA₂—辅助阳极 C—阴极
引线 A₁, A₂...A₂₀—阳极)



图2

由于白光激光器，在一根管同时振荡红、绿、蓝三色激光共五条谱线，不仅要测试白光激光输出总功率随充He气体压强的变化，而且要分别测试三色激光输出功率各随He气压强的变化，就必须解决在各种不同He气压下白激光的光谱定量分析问题。

测试方法采用两步：第一步，用热电型全波段快响应的SD2490型数字激光功率计，直接测出在不同He气压强下，白激光输出总功率，测试线路如图2所示。第二步，将白色激光聚



图3

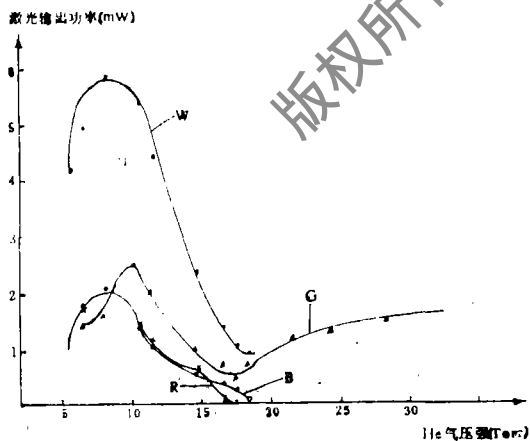


图4 白光及红、绿、蓝三色光随He气压强的变化

W—白光输出功率 R—红光输出功率
G—绿光输出功率 B—蓝光输出功率

焦后，通过一根光缆输入到。平面光栅单色仪，在其记录仪上得到不同气压下，各条谱线的相对比例，测试线路如图3所示。

综合第一、二步测试结果，可得白激光以及红、绿、蓝三色激光各随充He气体压强的变化，如图4所示。

由图4可看出，He气压强8 Torr时，白激光输出达最大，其三色比为红：绿：蓝 = 2.04:1.68:2.1，即红光振荡功率在白光输出最大时，其比例与蓝、绿光相当，从而大大改善了输出白色激光的彩色性能。

三、结 论

从红激光振荡的机理分析以及实验结果,我们可得出结论:在空心阴极He—Cd II白光激光器中,

(1) 金属Cd中的杂质金属,尤其是低熔点金属,其蒸气原子将与空心阴极内高能电子发生第二类非弹性碰撞,当He⁺发生电荷转移效应,从而消耗高能电子和He⁺,使红激光振荡阈值增加,输出功率减小。

(2) 减少金属Cd中的杂质金属,可以有效地降低红激光振荡阈值,提高输出功率,从而改善白光激光输出彩色性能。

(3) 高纯度、高清洁度空心阴极材料,严格的真空除气、工艺卫生是保证红激光振荡的先决条件。

本工作研制的白光激光器,其谐振腔膜片以及管壳的烧制得到新天光学仪器研究所何兆麟高级工程师和晏仕明技师的大力协助,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] Soviet.J.Q.E., 1983, Vol.13, No.4, P.417~418.
- [2] Yu-Zhi Wang, Japan.J.A.P., 1988, Vol.27, No.11.
- [3] 超高纯Cd粒(商品说明),上海葫芦岛锌厂出品。
- [4] 超高纯Cd粒化验报告,四川峨眉半导体材料厂出品。

作者简介:赵刚,男,1962年10月出生。博士研究生。

王欲知,男,1932年5月出生。教授,博士生导师。现从事气体激光器件研制及机理研究。

收稿日期:1990年1月4日。

《光电工程》杂志简介

原《光学工程》经国家科委和中国科学院批准改名《光电工程》,为中国光学学会光电技术专业委员会会刊,二级学术刊物,1990年正式出版,双月刊,公开发行,国内统一刊号CN51-1346。编辑部设在中科院光电技术研究所。该刊主要刊载光电科学技术与工程方面的研究论文与学术报告,目前主要是:

1. 光电计量测试和在线检测技术。
2. 光电图象测量、分析和处理、识别和存储技术。
3. 光电控制系统和光学装备自动化与智能化。
4. 其它:现代光学,薄膜光学,精细刻划技术,光电子学及光电器件等。

该刊全年六期,收工本费12元,个人订阅6元。欲订阅者,请函寄四川成都市双流350信箱29分箱《光电工程》发行部(邮政编码610209)欢迎订阅、投稿。