

3250 埃 He-Cd 激光的参量研究

金国江 邵美珍 汪文信
彭家驹 储娟娟 邱明新

(上海市激光技术研究所)

一、引言

轴向放电氦-镉激光器能产生 4416 埃和 3250 埃连续激光振荡^[1]。本文报导 3250 埃和 4416 埃的电流特性、气压特性和工作温度特性等测量曲线,可以看到 3250 埃与 4416 埃激光电流特性、气压特性和工作温度特性存在某些差别。这些差异表明了 3250 埃与 4416 埃的激发机构上可能存在些差异,以下将予以讨论。图 1 给出了 3250 埃与 4416 埃能级图。

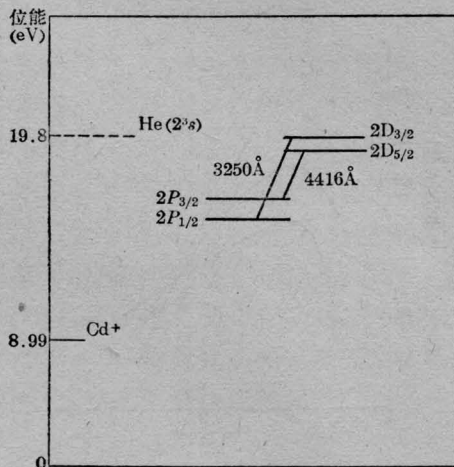
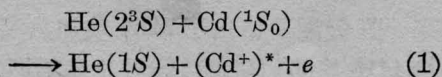


图 1 氦-镉激光能级图

潘宁过程是氦-镉激光的主要泵浦过程:



式(1)的截面经测量有一些不同数值,如 4.5×10^{-15} 厘米^{2[2]}、 6.5×10^{-15} 厘米^{2[3]}等。潘宁过程主要是由三重态氦亚稳态引起的,而单重态氦亚稳态和氦离子或氦分子离子态对镉原子的激励截面仅为小一个数量级的值,电子碰撞激发速率也仅为潘宁电离速率的 $1/2$ ^[4]。

关于潘宁电离激发问题也仍有争论。Silfvast^[5]认为如(1)式那样直接引起碰撞电离激发。而 Csillag^[6]、Jánossy^[7]和 Mori^[8]等则认为激光上能级的泵浦是分两级阶梯进行的,第一步由潘宁效应引起镉离子,第二步由电子泵浦镉离子引起上能级的激励。Mori 的实验很引起人们的注意。

K. Miyazhi^[9]用反常色散摄谱法测定各能级的集居数,从而求得氦亚稳态对 3250 埃上能级 $2D_{3/2}$ 态的潘宁截面为 1.7×10^{-15} 厘米²。该文假定潘宁过程是其唯一激发过程情况下得到的。

综合上述资料和我们实验的结果,我们认为 4416 埃以潘宁激励为主,电子激励为辅,则 3250 埃上能级 $2D_{3/2}$ 态潘宁电离激发也占主要地位,电子碰撞激发泵浦也是不可忽视的部份。考虑电子泵浦激发后,3250 埃与 4416 埃的三组特性曲线上的差异都得到了解释。

收稿日期:1979年2月5日。

二、3250 埃与 4416 埃参量的比较

实验用的激光管是长 150 厘米、内径 $\phi 3.7$ 毫米的毛细管。镉放在阳极附近,用外电热丝加热。反射镜为曲率半径 3 米的凹面腔,分别用 Sb_2O_3 和冰洲石或 PbF_2 和冰洲石镀制 3250 埃介质膜。为了与 4416 埃进行比较,也进行了 4416 埃特性曲线与功率的测量。4416 埃激光最大功率输出为 82 毫瓦, 3250 埃激光输出功率为 2 毫瓦, 尚未饱和。后来用 PbF_2 和冰洲石镀制 3250 埃介质膜, 输出功率明显地增加了数倍。

3250 埃的功率用辐射计测量, 而输出功率与其他参量关系用真空光电管测量, 运用在线性范围内。图 2 为功率与放电电流关系, 从图上可见, 3250 埃的功率将继续随放电电流增加而增加, 尚未达到饱和。图 3 为 4416 埃的功率与放电电流的关系, 图 3 表明 4416 埃在 150 毫安时已经饱和和接近饱和。从图 2、图 3 得出一个结论: 3250 埃饱和电流高于 4416 埃饱和电流。

图 4、图 5 给出了 3250 埃与 4416 埃的气压特性。如图所示, 3250 埃最佳气压为 1.83 托, 而 4416 埃最佳气压为 2.0 托, 3250 埃最佳气压低于 4416 埃的最佳气压。

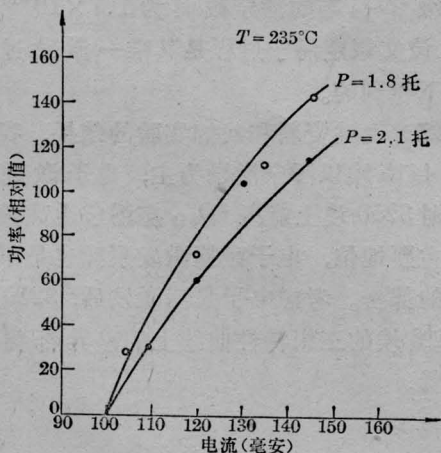


图 2 3250 埃激光功率与放电电流的关系

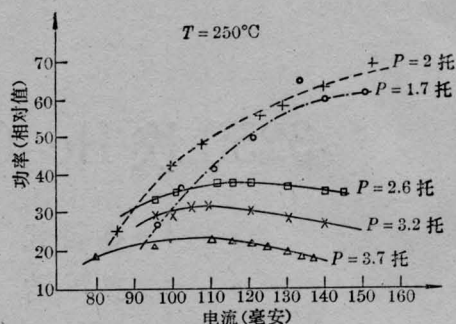


图 3 4416 埃激光功率与放电电流的关系

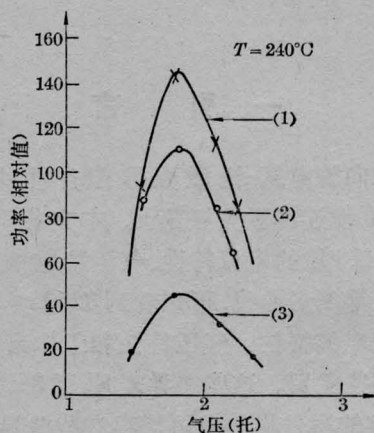


图 4 3250 埃激光功率与气压的关系
曲线 (1)— $I = 145$ 毫安; 曲线 (2)— $I = 130$ 毫安;
曲线 (3)— $I = 110$ 毫安

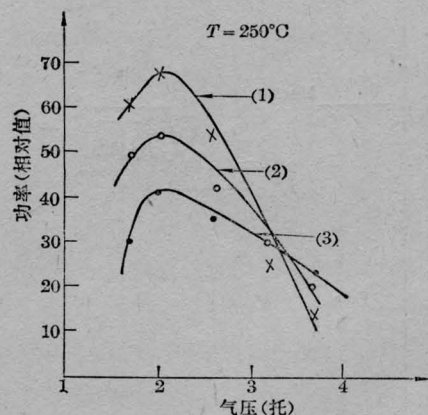


图 5 4416 埃激光功率与气压的关系
曲线 (1)— $I = 150$ 毫安; 曲线 (2)— $I = 120$ 毫安;
曲线 (3)— $I = 100$ 毫安

图 6、图 7 给出了 3250 埃加热温度特性与 4416 埃的加热温度特性也是不同的。3250

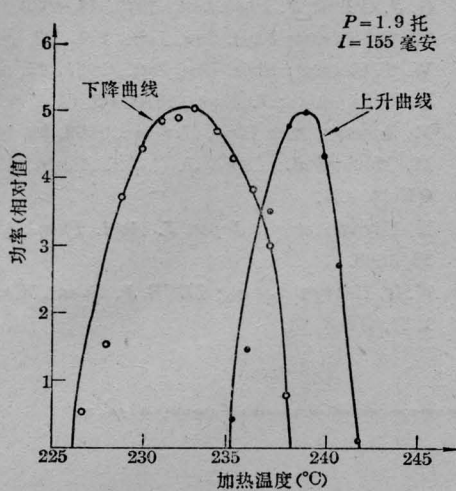


图6 3250埃激光功率与加热温度的关系

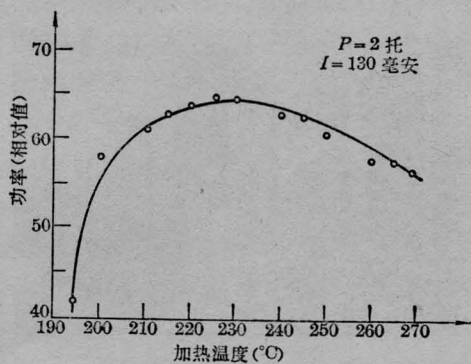


图7 4416埃激光功率与加热温度的关系

埃激光最佳加热温度高于4416埃激光的最佳加热温度,这意味着在最佳状态下3250埃运用的镉蒸气压高于4416埃激光的镉蒸气压。图6给出3250埃温度上升曲线和下降曲线,这两曲线之差的原因在于管内壁温度变化滞后于管外壁温度的变化,实际情形低于这两者之间,最佳温度高于233°C,低于239°C。由图7给出4416埃激光最佳温度为227°C,低于3250埃激光的最佳温度。

三、讨 论

从以上实验结果可见,3250埃激光饱和电流比4416埃激光饱和电流高,工作气压比4416埃低,最佳加热温度比4416埃高。我

们认为4416埃激光以潘宁效应电离激发为主,电子激发为辅。3250埃激光也应以潘宁激发为主,电子激发为辅,但它们在激发率的比例上有所不同,则引起以上三组曲线的微小差别。

电子碰撞激发在离子激光中,如氩离子激光器^[10],是主要的过程。另外氩离子激光充进氦气,并不影响起主要泵浦过程的作用。在氦-镉激光中也是一样,氦气并不妨碍电子激发过程,电子碰撞也应引起镉离子的激发,泵浦到激光上能级。电子泵浦要求较高的电子温度,最佳总气压要稍低。另外,氦-氩激光器中,氩的最佳分气压高于零点几托,相应要求镉的蒸气压较高。

离子激光有一明显特性,就是饱和电流很大,激光功率与放电电流平方成正比。但3250埃激光功率并不显示出与放电电流平方成正比增加的电流特性。因此,电子碰撞泵浦不是3250埃的主要激发过程,3250埃主要激发过程还是来自潘宁效应,其次是电子碰撞泵浦。

潘宁泵浦速率与电流关系曲线是二次曲线,可用抛物线来近似,设潘宁激发率为

$$Z_P = -a(I - I_0)^2 + Z_0,$$

式中 Z_0 、 I_0 和 a 为常数, $I = I_0$ 时, $Z_P = Z_0$ 为激发率极大值。而电子激发率由上所述正比于电流平方,故有 $Z_e = bI^2$,式中 b 为常数。总激发率为两者之和:

$$Z = -a(I - I_0)^2 + Z_0 + bI^2$$

最佳放电电流为激发率的极值,即 $\frac{dZ}{dI} = 0$,得

$$I_{opt} = \frac{1}{1-\alpha} I_0$$

式中 $\alpha = \frac{b}{a}$,为电子激发率与潘宁激发率的比值,由于潘宁激发为主,故 $\alpha < 1$ 。

3250埃的电子激发率与潘宁激发率的比值大于4416埃的电子激发率与潘宁激发率的比值,即 $\alpha_{3250} > \alpha_{4416}$ 时,有 $[I_{opt}]_{3250} > [I_{opt}]_{4416}$,即3250埃的最佳电流大于4416

埃的最佳电流。

用以上理论也可解释气压特性曲线和温度特性曲线,它们的一致结果是3250埃激光的电子激发率与潘宁激发率之比大于4416埃激光的电子激发率与潘宁激发率之比。

参 考 文 献

[1] W. T. Silfvast; *Appl. Phys. Lett.*, 1969, **15**, 23.
[2] L. D. Scheerer *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1970, **52**, 1618.

[3] G. J. Collins; *J. Phys. Lett.*, 1973, **44**, 4633.
[4] W. T. Silfvast; *Phys. Rev. Lett.*, 1971, **27**, 1489.
[5] W. T. Silfvast; *Phys. Rev. Lett.*, 1969, **15**, 23.
[6] L. Csillag *et al.*; *J. Phys.*, 1970, **D3**, 64.
[7] M. Janossy; *Acta Phys. Hungar.*, 1972, **32**, 149.
[8] M. Mori *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1978, **QE-14**, 427.
[9] K. Miyazhi *et al.*; *Japan J. Appl. Phys.*, 1974, **13**, 1866.
[10] K. G. Herrguist *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1967, **QE-3**, 71.



激 光 多 用 干 涉 仪

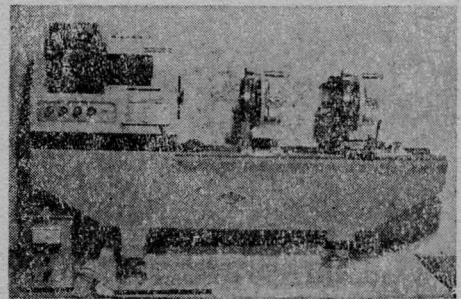
JDG-1型激光多用干涉仪的原理结构较新颖,操作简单方便,用途广泛,是光学实验室、光学车间和有关研究单位经常使用的一种小型精密光学测试仪器,也是工业生产中的高精度测量装备。

仪器的基本精度为 $0.06\mu(\lambda/10, \lambda=6328\text{ \AA})$ 。其中平面度精度为 $0.03\sim 0.02\mu(\lambda/20\sim\lambda/30)$;平行度精度为 $0.5\sim 0.1$ 秒;球面面形误差为 $0.06\mu(\lambda/10)$ 。

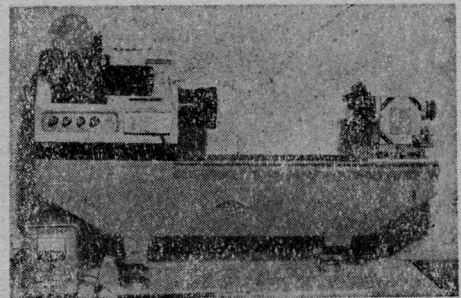
仪器配有导轨和多种附件,经过简单方便的组合,即可用来测量光学表面的平面度、平行平面的平行度、棱镜的角度与塔差、非球面的面形误差、光学和晶体材料的均匀性、透镜和透镜系统的波面误差、球面的面形与其曲率半径、导轨的平直度、透镜的对中心检查以及膜层厚度的测量等等。仪器的外形参见照片1、2。

仪器具有以下特点:

1. 一机多用,它相当于平面干涉仪、球面干涉仪、刀口仪、对中仪、泰曼干涉仪、自准仪等;
2. 有快速形成干涉条纹的机构,几秒或十几秒即可出现干涉条纹,操作方便;
3. 有 $\phi 110$ 毫米的投影屏,便于观察;
4. 在观察的同时备有1:1的照相装置;
5. 既能用等厚干涉测量光学平面的平面度,又能用多光束干涉测量光学平面的平面度;既能用等厚干涉测量平行平面的平行度,又能用等倾干涉测量平行平面的平行度,精度可达0.1秒左右;
6. 干涉条纹的反差,可以随时调节,在测量不



照片 1



照片 2

同反射率的零件(由增透膜到全反射膜)时,不用更换参考面或镜组;

7. 有 $\phi 30$ 毫米和 $\phi 100$ 毫米的标准口径,口径的更换可适应不同的测量情况。

目前,仍在继续进行提高某些测试项目的测试精度的实验工作,不久即将完成全部工作。

(中国科学院安徽光机所多用激光干涉仪三结合研制组)