

理主要是碰撞,在较高的气压下,所有的过程以更快的时间速率发生。

我们在气压为 60、90、150、200 托的压力下做了各种不同的气比下(气比 $\text{CO}_2/\text{CO}_2 + \text{N}_2$ 从 1 到 1/20 的范围)脉冲宽度变化的实验,结果可使脉宽在 1~100 微秒的范围内可调。

对流放电 CO_2 激光器的饱和特性

中国科学院力学研究所 林光海

从微观的分子模型出发,求解了对流冷却电激励 CO_2 激光器的三能级速率方程,除了考虑分子的激励、碰撞弛豫、受激发射和受激吸收,振动能级中的转动分布、流动以及 N_2 分子与 CO_2 分子振动能级之间的相互能量转移外,还考虑了不同粒子因速度分布而具有的多普勒加宽和受激发射截面的压力加宽(包括自然加宽)。在稳态情况下,得到了饱和强度的定量解析表达式:

$$I_s = \frac{4\pi^2 h c \tau \Delta \nu_c}{\lambda^3} \left[\frac{f_2 \tau_2 \tau_F}{(1+A)\tau_2 + \tau_F} + \frac{f_1 \tau_1 \tau_F (2j-1)}{(\tau_1 + \tau_F)(2j+1)} \right]^{-1} \quad (1)$$

其中

$$A = \frac{N_{\text{N}_2}}{N_{\text{CO}_2}} \frac{\exp(hc\omega/KT)}{\prod_{i=1}^2 \left[1 - \exp\left(-\frac{hc\omega_i}{KT}\right) \right]^{g_i}} \left\{ 1 - \frac{1}{1 + \frac{K_f \tau_F N_{\text{CO}_2}}{\exp(hc\omega/KT)} \prod_{j=1}^3 \left[1 - \exp\left(-\frac{hc\omega_j}{KT_j}\right) \right]^{g_j}} \right\} \quad (2)$$

A 代表了在激光过程中受激 $\text{N}_2(\nu=1)$ 到受激 $\text{CO}_2(001)$ 之间的能量转移,括号内一项代表 $\text{N}_2(\nu=1)$ 态和 $\text{CO}_2(001)$ 态之间偏离热平衡的程度。增益 α 为:

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{\left(1 + \frac{I}{I_s}\right)^{1/2}} \frac{\text{erfc}\left[\left(1 + \frac{I}{I_s}\right)^{1/2} (\ln 2)^{1/2} \frac{\Delta \nu_c}{\Delta \nu_D}\right]}{\text{erfc}\left[(\ln 2)^{1/2} \frac{\Delta \nu_c}{\Delta \nu_D}\right]} \exp\left[\frac{I}{I_s} \ln 2 \left(\frac{\Delta \nu_c}{\Delta \nu_D}\right)^2\right] \quad (3)$$

在极限情况下,分别转化为

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{\left(1 + I/I_s\right)^{1/2}} \quad \Delta \nu_c \ll \Delta \nu_D$$

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + I/I_s} \quad \Delta \nu_c \gg \Delta \nu_D$$

进一步考虑了激励区气压、温度、流速的变化,计算了不同参量下激励区各点的饱和强度及小信号增益,分析讨论了气压、流速、气比、放电比功率对饱和强度和小信号增益的影响,得到以下结论:(1)随着流速的增加,饱和强度和小信号增益都增加,单位体积最大可能输出功率近似与流速的 1.8 次方成正比。(2)气压增高,饱和强度增加,在低流速时,饱和强度近似与气压的平方成正比,而在极高流速时,则近似与气压一次方成正比。小信号增益则近似与气压成反比。(3)饱和强度随放电比功率的增加而增加,而小信号增益则开始随放电比功率增加,随后出现一个极大值。增加流速,可使极大值出现在较高的放电比功率下。(4)对流冷却电激励 CO_2 激光器 CO_2 的比例不宜过大,一般在 5% 左右。流速低,He 气的比例要适当多一些;流速高,He 气的比例可少一些,一般在 60% 到 80% 范围内选择。

还将饱和强度的计算值与实验值作了比较,得到了较好的符合。

氩离子激光器长时间工作的探讨

中国科学院物理研究所氩激光器组

氩离子激光器在可见及紫外线波段有很强的连续激光输出,因此在各方面都有广泛的应用,特别是用于

激发染料激光器得到光谱线极窄, 稳定性良好的可调频输出, 为激光光谱学的研究和发展提供了有力的工具。要实现这些应用必须解决氩离子激光器长期工作的可靠性问题。为此, 我们观察了连续工作 1000 小时以上的分段玻璃态石墨激光器的气体清除效应、锆铝吸气剂对杂气的吸附作用, 石墨管及输出的变化情况。对其中的一些现象作了定性的讨论。

1. 气体清除效应

在气体放电管中随放电时间的增加气压下降的现象称为气体清除效应。

实验中观察到以下四个现象:

(1) 吸气速率并不是常数而有越来越慢的趋势。刚开始的 8 个小时吸气速率达 28 毫托·升/小时, 前 50 小时平均吸气速率为 14 毫托·升/小时, 而 1000 小时平均吸气速率只有 1.1 毫托·升/小时。(2) 除第一次充气外, 都是随气压下降吸气速率增加。在 0.6 托工作的 150 小时里观察不出明显的吸气效应。(3) 在整个 1000 小时工作中共充气 5 次, 后三次充气都出现气压上升现象。气体增加的量也一次比一次多。(4) 在吸气及气压升高的过程中也出现一些局部的反复变化。

产生气体清除效应一般认为有二个原因: 一是化学的原因, 气体与电极或管壁发生化学反应形成化合物。二是物理上由于物体表面电场对气体分子的吸引, 使气体分子以单层或多层的形式附着在放电管内某些物体的表面。对于惰性气体放电来说, 主要应该是物理吸附。根据我们的实验结果, 有两种可能的物理吸附必须考虑: (1) 阴极、阳极和石墨由于电子及离子的轰击产生严重的溅射。它的效果就象通常使用的蒸散型吸气剂一样, 使气体分子附着在溅射产生的薄层上, 因此, 溅射越严重, 气体清除效应就越明显。当气压降低时, 电子和离子的能量增高, 溅射更严重, 气体清除速率就高。另一方面, 当表面由于大量的溅射出现凹坑时, 溅射速率就降低, 相应的气体清除速率也就降低。从这里可以看出, 这种由溅射产生的气体清除速率并不是恒定的, 而可能是越来越小的。(2) 在放电管壁上电子和离子的复合产生的吸附。在氩离子激光器中, 大电流的弧光放电使电子具有很大的热运动速度, 电子很快从放电管中心向管壁扩散, 放电管壁因此就附有大量电子, 使管壁相对于管轴有一个负电位。在这个径向电场作用下, 离子以很大的速度打在管壁上, 在管壁上电子和离子复合后有一部分就聚集于其上, 形成一层或几层原子层。在这种情况下, 由于电子离子复合而形成的吸附与由于气体原子热运动而离开管壁表面的蒸发是处于动平衡状态, 当气压升高时, 离子的热运动速度及气体的离化度都下降, 打在管壁上的离子数目也减少, 所以蒸发的速度将大于吸附的速度, 这就可能会发生在充气后气压继续上升的现象。但由于溅射产生的气体清除总是存在的, 因此, 总的趋势仍然是气压逐渐下降。

2. 锆-铝吸气剂对杂气的吸附

氩离子激光器在长时间的工作中总会由于管壁被侵蚀或外界的渗漏出现一些杂气。这些杂气的存在既降低了输出又增加了管壁的破坏。所以, 在激光器里放入一些对 O_2 、 N_2 等气体有很强吸附作用的非蒸散型吸气剂是很有必要的。我们试用了冶金部有色金属研究院提供的锆-铝吸气剂对经过 1000 小时工作的激光器进行吸附杂气的试验。30 厘米²的吸气片被加热到 350°C 的工作温度, 经过 10 小时的吸附, 激光器的气压稍有下降, 输出功率提高。

从实验看出, 经过吸气剂吸附后的氩气与新加入的氩气得到相近的输出功率。可以认为这种锆-铝吸气剂基本上能起清除杂气, 保持氩气纯度的作用。

关于氩离子激光器结构的探讨

中国科学院吉林应用化学研究所 张明志 于湘洋 耿宪学 于岐路 王秀兰

本文对我们早期试制的、用环氧树脂密封、用高纯氧化铝陶瓷棒固定的分段石墨放电管结构的氩激光器进行了分析。指出其输出功率低(最高约 5 瓦)、寿命短(约 100 小时)的原因有五条: (1) 外加轴向磁场与放