

关于引进消气剂提高氦-氖激光器寿命的研究

黄德坚

(地震研究所)

提 要

本文报导了在氦-氖激光器中使用适量的消气剂,能有效地克服慢漏气对工作气体的掺杂,大大提高器件的寿命。

氦-氖激光器的寿命主要取决于管内工作气体成分和气压的变化、光学部件质量的变化和激光谐振腔准直状态的变化等因素。如果采用发射性能良好的阴极材料和适当的发射面积,可以减小阴极溅射、从而使气体清除效应降低;严格的真空处理工艺和环氧固化工艺,可以使器件内部放气、有机物分解的影响减低到最小限度,并可以归结到慢漏气中统一考虑;实验表明^[1],氦气对硬质玻璃管料的渗漏问题也可以忽略;器件的合理设计和管壳应力的充分消除保证光学谐振腔处于准直状态。这些均不会影响我们获得一万小时寿命的器件。但是,器件的玻璃加工,钨杆电极的烧制,腔片的环氧树脂密封固化及最后器件的封离过程都会产生不同程度的慢性漏气,这种慢性漏气是影响器件寿命诸因素中最不易控制和掌握的一种,是影响目前器件寿命最重要的原因。目前生产的器件,其寿命实际上就是综合了气体清除效应以后的慢漏气和内部放气所限制的器件“掺杂寿命”。由于存在大小不同的漏孔,所以产生寿命长短不一的器件。

为了提高器件寿命,我们将电真空技术中的消气剂技术引进到氦-氖激光器的生产

中来。消气剂是专门用来解决真空器件的慢漏气和内部放气问题的,它的主要作用是吸收真空器件中的剩余气体,维持真空器件工作和存放时的真空度,吸收真空器件开动或反常工作时的大量放气。消气剂对于活性气体一般都能吸除,但是对于惰性气体却几乎不起作用。所以在氦-氖激光器中使用消气剂后,器件中的工作气体不会被消气剂吸收,而从漏孔进入器件内的杂气和内部构件的微量放气则几乎全部被消气剂所吸收,因而保持了器件内部的工作气体的纯洁。由图1得

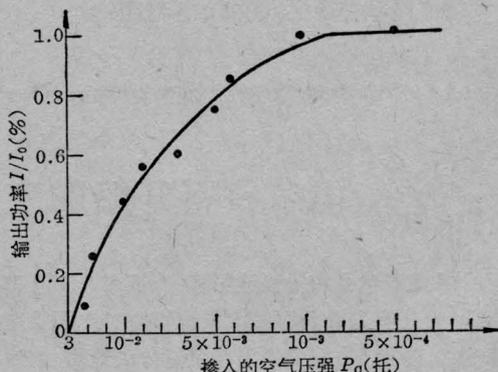


图1 器件中空气掺杂量与输出功率的关系

$P_{\text{He}}:P_{\text{Ne}}=2.4$ 托:0.3 托

$d=1.5$ 毫米, $l=340$ 毫米

收稿日期: 1978年9月6日。

知只要工作气体中的掺杂量不超过 10^{-4} 托量级, 器件的输出功率就不会有明显的降低。实验表明, 真空器件中的消气剂能使其内部真空度维持在 10^{-5} 托以上, 一直到消气剂失效为止。因此, 只要氩-氟激光器件中的消气剂未被饱和, 工作气体就不会被剩余气体、慢漏气和内部放气等所污染。

目前常用的消气剂主要分为以钡为主体的蒸散型和以锆为主体的非蒸散型两大类。在氩-氟或氩-钬激光器的生产中常使用蒸散型的钡吸气剂。我们现在使用的消气剂就是成都七七三厂生产的环形压制的钡铝镍蒸散型消气剂。

对于大多数活性气体, 消气剂都能与之形成理想配比的化合物。由此推算出每毫克消气剂的理想吸气量, 如下表所示^[2]。

钡消气剂的理想吸气量

$3\text{Ba} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Ba}_3\text{N}_2$	40 毫升·托/毫克
$\text{Ba} + \text{H}_2 \rightarrow \text{BaH}_2$	130 毫升·托/毫克
$2\text{Ba} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{BaO}$	70 毫升·托/毫克
$3\text{Ba} + 2\text{CO} \rightarrow \text{BaC}_2 + 2\text{BaO}$	80 毫升·托/毫克
$5\text{Ba} + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{BaC}_2 + 4\text{BaO}$	50 毫升·托/毫克
$2\text{Ba} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{BaH}_2 + \text{BaO}$	60 毫升·托/毫克

对于目前一般只有半年左右寿命的器件来说, 如器件容积为 $\frac{1}{4}$ 升, 由 $\tau = \frac{P_{\text{omax}}V}{R_a}$ (R_a 为渗漏率) 计算后, 包括内部放气等在内, 器件慢漏气漏率约为 2×10^{-10} 托·升/秒左右。如果在器件中装入 20 毫克的消气剂量, 将它换算为氮的吸气量可达 0.8 升·托。这样的消气剂量对于 2×10^{-10} 托·升/秒的纯氮漏孔可以维持一百年左右。即使器件的漏孔较大, 使得器件在 22 天内掺杂达到 3×10^{-2} 托而使激光熄灭, 这时漏率达 4×10^{-9} 托·升/秒左右, 但器件内的 20 毫克消气剂量仍可维持五年以上。可见, 只要器件的慢漏气速率 (包括内部放气等) 不大于 4×10^{-9} 托·升/秒 (这是很容易做到的), 在器件中装入 20 毫克的消气剂后仍然可以保证器件寿命达到一万

小时以上。

为了试验消气剂维持器件内工作气体的纯洁的能力, 我们进行了如下的实验。首先使激光器的工作气体掺杂 4.5×10^{-2} 托的空气, 这时激光熄灭, 放电呈紫红色。当装有消气剂的容器与之接通后, 器件很快恢复到原来的最大输出功率, 放电颜色也随之恢复正常。具体的实验结果如图 2 所示。对其他各种气体掺杂亦有类似的结果。

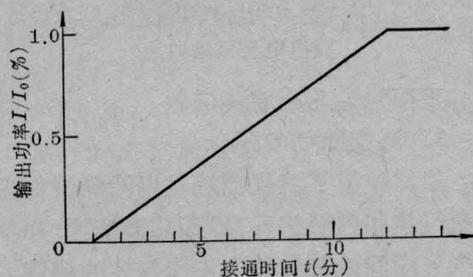


图 2 消气剂与器件掺杂实验

(当掺杂 4.5×10^{-2} 托空气的器件与消气剂容器接通后, 经过 1 分钟产生激光, 12 分钟后恢复到原来的最大输出功率)

此外, 还进行了同一器件寿命的实际试验, 为了缩短试验时间, 选用质量很差的钨杆电极, 采用普通生产工艺制成激光器。该器件封离后连续工作 22 天, 最后由于严重掺杂而使激光熄灭。将这一器件装入消气剂, 经存放 22 天后, 未发现输出功率有任何下降。在随后开始的连续工作试验中, 其输出功率和放电特性都没有发生明显的变化。

试验中的实际寿命比较的初步结果如图 3 所示。使用消气剂后放电特性的变化情况如图 4。

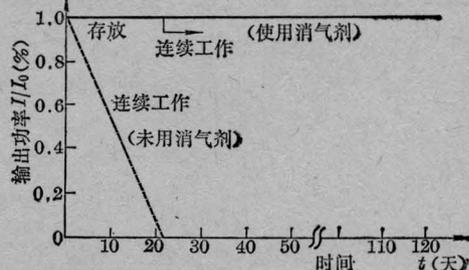


图 3 在同一器件中装入与未装入消气剂时器件实际寿命的比较

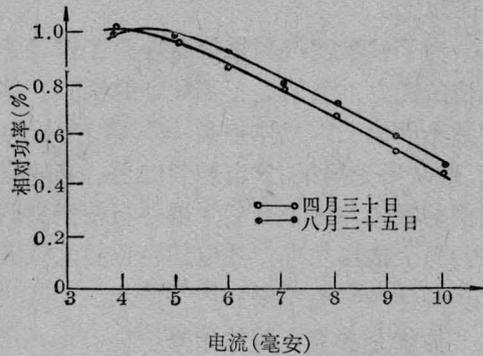


图4 装入消气剂后器件的输出功率与放电电流特性曲线

下面讨论几个有关问题。

1. 真空除气问题

虽然使用了消气剂后可以清除器件内的剩余气体和内部放气,提高其真空度,并在其未失效期间维持器件内工作气体的纯度,但是,器件在制作过程中仍必需有良好的真空除气和充分的除气时间。玻璃和金属表面的吸气量都很大,一般达几托·升/厘米²以上。如果不通过良好的真空除气和充分的除气时间来保证除去器件内部绝大部分杂气,那么当器件封离后,内部放气过大将很快使消气剂饱和而失效,因此起不到应有的作用。另外,为了尽量减少剩余气体掺杂对消气剂的抵消作用,器件在封离时最好能使用钛泵来维持最高的静态真空,使器件封离后的剩余气体减到最低限度。

2. 足够的消气剂量

国内一些单位很早就氦-氟器件的生产中使用过消气剂,我们单位也早在1970年前后就使用过消气剂技术,但器件寿命一直

未能得到满意的解决,其原因在于对器件的掺杂速率缺乏一个量的认识,因而对所需的消气剂量也就没有一个最低限度的概念。早期所使用的消气剂量太少是其失败的原因。通过对目前生产的器件寿命水平的一般估计,由 $\tau = \frac{P_{cmax}V}{R_a}$ 式作出掺杂速率的判断后,就可以定出保证一定寿命所需的最低限度的消气剂量。就目前国内一般生产单位的半年寿命水平而言,要获得一万小时以上的寿命,20毫克的钡型消气剂是十分充裕的了。

3. 器件寿命的估计

器件的寿命大体上可由器件的慢漏速率和所用的消气剂量来作出估计。以目前器件的半年左右的一般寿命水平来计算,则有 $R_a \approx 2 \times 10^{-10}$ 托·升/秒。而只有二十天掺杂寿命的器件, $R_a \approx 4 \times 10^{-9}$ 托·升/秒。使用20毫克的钡消气剂,对于前者足可以维持几十年,而对后者亦可以维持五年以上。只要不发生环氧变性等原因而使掺杂速率增加,器件的存放寿命都应在几年以上。

由消气剂所保证的器件工作寿命不会超过阴极消除效应所限制,因此,不能简单地增加消气剂量来使掺杂速率过大的器件获得长寿命,它是受消气剂的吸气速率限制的。

参考文献

- [1] “He-Ne 激光器寿命的研究”,南京工学院气体放电器件专业(1977)
- [2] 华南工学院电真空器件专业,《电子科学技术》,No. 3, p. 8 (1978)。