

电极材料对重复频率脉冲氙灯寿命的影响

中国科学院上海光机所氙灯工艺组

用钇铝石榴石作为工作物质的高重复频率固体激光器,在国内已得到广泛的应用。器件技术性能的进一步提高,目前受到工作物质的光学质量和光泵寿命*二个因素的限制。例如一个典型的高重复频率的固体激光器,采用定型产品的氙灯(灯管规格 $\phi_{\text{内}}8 \times 80$,钨钍电极通水冷却),以40次/秒的频率在器件中连续点燃10分钟(电压1350伏,电容量100微法),器件的激光输出能量就会有成倍的下降。器件总体光效下降的主要原因是由于氙灯在放电过程中正离子轰击阴极,造成阴极溅射,溅射物沾附管壁,引起阴极附近氙灯管壁发黑,降低了光泵光效。同时管壁发黑层光吸收的增加,使发黑区管壁材料的负载降低,影响了氙灯在器件中工作频率的提高。

为了提高氙灯的使用寿命,对影响溅射的各种因素,如制灯的工艺过程、充气压力、电极材料、电极面型等进行了分析研究,初步取得了一些实验结果,本文简述电极材料对氙灯寿命的影响。

首先对钼箔封接的频闪氙灯,在完全相同的实验条件下对不同电极材料进行寿命比较,观察测量了阴极周围管壁发黑的程度和点燃后阴极表面的形状,如图1、2所示。

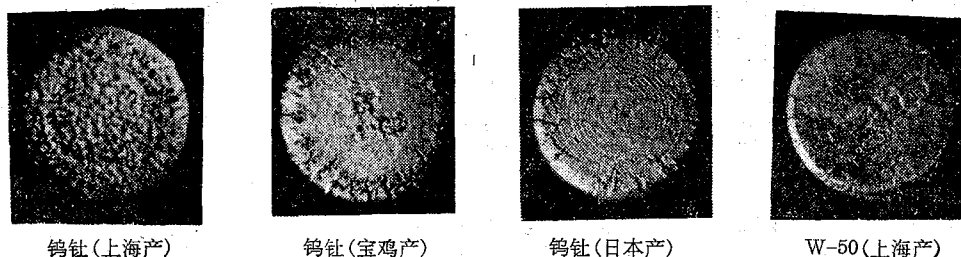


图1 不同电极材料阴极端面照片

灯管规格 $\phi_{\text{内}}5 \times 50$ 输入能量75焦耳 工作频率7次/秒
点燃次数 30×10^4 次 充气压550毫米-汞柱

实验结果表明,不同产地的钨钍材料,氙灯的寿命可以有几倍的差别,最长的寿命 $3 \sim 5 \times 10^4$ 次,而我们引用上海灯泡厂试制的W-50电极制作的灯和钨钍相比寿命有数量级的提高。照片2所示,下面是用W-50阴极的氙灯,在点燃 30×10^4 次以后,管壁透明度良好,辐射光强下降不低于75%,上面是用钨钍阴极,点燃 3×10^4 次以后,阴极周围发黑已较严重,辐射光强已下降至75%。从电极端面照片也可以看到W-50电极表面比较光滑,边缘稍有开裂,没有象钨钍电极那样出现的大颗粒金属熔珠。

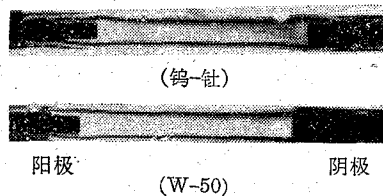


图2 管壁发黑状况

* 以氙灯辐射光强下降至初始点燃辐射光强的75%,为氙灯使用寿命的终结,氙灯其他性能不变。

在这基础上,高重复频率脉冲氙灯的阴极也选用 W-50 材料,氙灯寿命的提高也得到了预期的效果。实验条件如下:

灯管规格 $\phi_{\text{外}}8 \times 80$ (用过渡玻璃封接)
电极尺寸 $\phi 7 \times 50$ (空心通水冷却)
输入能量 90 焦耳(电压——1350 伏 电容量——100 微法)
工作频率 40 次/秒
峰值电流 2150 安培
预燃电流 100~150 毫安

在激光器件内连续点燃,以激光总体输出光强的变化判断氙灯辐射光强下降的速率。

实验结果如图 3 所示,上面是用钨钍材料作阴极的氙灯在器件内连续点燃 10 分钟(2.4×10^4 次)阴极周围管壁发黑的情况,发黑区扩展到整个放电沟道管壁的三分之一。下面是用 W-50 材料作阴极的氙灯,在器件内连续点燃 85 分钟(20×10^4 次),整个灯管透明度良好,没有出现任何发黑现象。

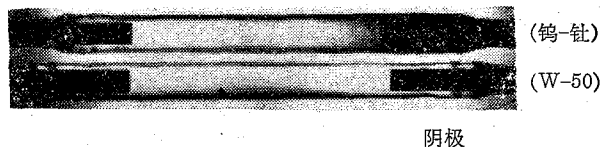


图 3 不同阴极材料发黑状况比较

通过多批氙灯在器件内的点燃实验,观察到 W-50 阴极的氙灯,一般在连续点燃 100 分钟(24×10^4 次)以后,阴极周围管壁开始出现发黑现象,发黑区是齐阴极端面开始,端面后面阴极周围的管壁仍然透明,发黑区的黑度和钨钍材料相比也要浅得多。在器件中连续点燃 150 分钟,激光器件输出能量下降至 80%,阴极周围管壁发黑状况如图 4 所示,同时阴极端面出现细微的人字龟裂(图 5),没有出现钨钍阴极那样在阴极端面边缘出现大颗粒金属熔珠。

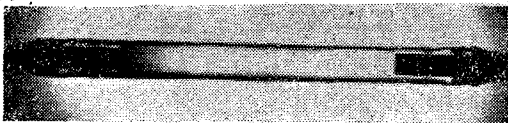


图 4 W-50 阴极氙灯发黑状况

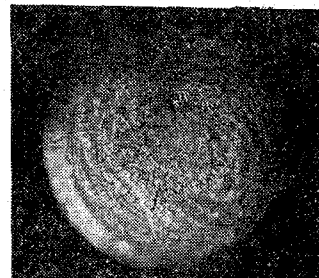


图 5 W-50 阴极端面

对实验结果的一些分析和看法:

(1) 阴极溅射速率和电极中掺杂的活性材料种类、含量、电极晶粒的颗粒度、抗氧化性能以及在制灯过程中电极处理温度是有关系的,处理不当要引起溅射速率提高,提早发黑,比较好的氙灯在连续点燃 210 分钟(50×10^4 次)后,仍然没有出现任何发黑现象,整个灯管透明度良好。最差的氙灯在器件总体运转中连续点燃 60 分钟就出现发黑,激光输出能量下降 15%。有关电极材料在氙灯中的发射机制和溅射速率仍在进一步研究中。

(2) 在氙灯点燃过程中,预燃电流的大小,会影响发黑现象提前出现,对同一批灯,变化预燃电流(100、150、240、450、600、800 毫安),结果表明在 150 毫安以上都会造成提前发黑,这是由于长时期低压电流对阴极轰击所造成的。

(3) 测量结果表明,在石榴石的激光器件中, W-50 阴极材料的氙灯比钨钍材料的氙灯光

泵光效高。从一些实验情况来看,它们的辐射谱分布亦有所不同。

(4) W-50 阴极材料的氙灯,由于溅射速率低,减少了阴极周围管壁的发黑,提高了在器件中氙灯的工作频率,曾以 100 次/秒重复脉冲频率实现了正常持续点燃。至于氙灯频率和寿命之间的关系正在研究之中。

(5) 为了研究高重复频率脉冲氙灯、氙灯寿命和阴极在点燃过程中与工作温度之间的关系,在相同灯管规格和点燃条件下,比较了电极不通水冷却的钨箔封接氙灯,实验工作取得了比较理想的结果,证实阴极在合适的工作温度下有利于活性物质在电极中的扩散,保持了阴极发射的稳定性,氙灯在持续点燃一百万次以上,没有任何发黑现象。

从整个实验工作来看,电极材料对氙灯寿命的提高是比较主要的。充气压力等因素也能影响溅射速率和阻滞发黑区的扩展,但不能使寿命有数量级的提高。合适的阴极工作温度能保持电极材料的发射稳定性,有利于溅射速度的降低。我们对 W-50 电极材料的工作做得还不够尽善,预期高重复频率脉冲氙灯的寿命还可以进一步提高。

* * * * *

JDK-743 型激光导向仪

为了使矿山建设和煤炭生产适应于发展中的工农业生产和社会主义建设的需要,落实伟大领袖毛主席“开发矿业”的伟大教导,陕西省铜川基建公司的广大工人在人行斜井掘进工程中,采用了一系列先进技术和设备,在去年以 452.1 米的月成井速度,打破了日本 352 米的世界纪录。后来,他们又以 504.5 米的月成井速度再一次刷新了世界记录。因此,原来旧的一套测量技术和方法就不能适应形势发展的需要。

在你追我赶的大好形势下,铜川基建公司第四工程队和西安市莲湖区测绘仪器厂的工人同志急生产所急,想生产所想,试制成功了 JDK-743 型矿用激光导向仪,大大提高了测量速度和精度,终于又以月成井 605.2 米的成绩,又一次创造了世界新记录。

试验表明,在建井掘进工程中应用该仪器,不仅可以消除误差,提高工程质量,而且可以减少人员,节省时间,月成井速度可增加 30~50 米。

这种仪器经改进后,还可以应用在竖井掘进工程、铁路隧道、公路涵洞、冶金采矿、地下工程及大型机械设备安装等方面。