

氩离子激光石墨及其处理

赵继彦 贾廷奎

(吉林省激光研究所)

李绍武

(吉林炭素厂研究所)

提要: 本文报告一种高强度、低溅散的新型激光石墨。介绍一种提高氩离子激光器分段石墨片处理温度的合理工艺。实验表明,碳黑激光石墨能大幅度延长氩离子激光器的寿命。

Graphite for Ar⁺ lasers and its treatment

Zhao Jiyan, Jia Tingkui

(Jilin Laser Institute)

Li Shaowu

(Research Institute of Jilin Carbon Plant)

Abstract: A new graphite with high strength and low sputtering used in laser systems is reported, and a reasonable technology to increase the treatment temperature of segmented graphite is also presented. Our test shows that the carbon black graphite can greatly prolong the life-time of Ar⁺ lasers.

碳黑激光石墨

氩离子激光器的工作电流密度相当大,中小型氩离子激光器的电流密度一般为200~300安培/厘米²。而其转换效率却很低,一般在万分之几的量级。这就使激光管内温度很高,高速电子流和离子流冲击在上千度高温的石墨片上,使石墨溅射、腐蚀。由于气体清除效应,激光器运转一段时间后工作气压则会减小,减小到一定程度就不出光。近年

来,虽然解决了氩离子激光器的气体补充手段,但每次充气后由于元件排气又会带来新问题。为了解决上述问题,我们调查了国产激光石墨的现状,并研究了改进途径。

分析国外的石墨结构我们看到,在结构细密均匀性、断面气孔率、比重和强度等方面,国内激光石墨不及国外生产的石墨。所以,我们决定先从解决性能着手。

作为新型激光石墨的原料,我们选择碳黑。碳黑不是无定形碳,而是类似石墨结构

收稿日期:1982年3月2日。

的微晶结构, 这个微晶结构可以成为石墨化的核^[1,2]。碳黑的粒度约为 0.01 微米左右, 而焦炭激光石墨的磨粉粒度约为 200 目左右, 200 目细粉线度相当于 75 微米, 比碳黑粒度约大 7500 倍。同时, 碳黑的纯度也很高, 用它做原料有可能显著提高石墨强度并缩小其气孔率, 这对减小激光石墨的溅散率和气体清除效应都是有利的。表 1 是我们研制出来的碳黑激光石墨与焦炭激光石墨主要参数的对比。

表 1 碳黑激光石墨与焦炭激光石墨主要指标对照表

样 品	项 目			
	抗压强度 (公斤/厘米 ²)	灰份 (%)	假比重 (克/厘米 ³)	金相显微 照片对比
碳黑激光石墨	1030	<0.01	1.91	均匀细密 孔隙小
焦炭激光石墨	800	约 0.02	1.75	不均匀松 散孔隙大

从表中所列数据可见, 碳黑激光石墨的抗压强度比焦炭激光石墨提高 200 公斤/厘米² 以上。一般情况下, 抗压强度越高, 溅散率越小。假比重由 1.75 克/厘米³ 增长为 1.91 克/厘米³, 这个提高幅度也是比较大的; 假比重越大, 其结构越致密, 气孔率越小。这些特点对激光石墨的耐冲刷性、吸气性、导热性都有好的作用。可见, 碳黑激光石墨的性能比焦炭激光石墨好。

石墨片的热处理

激光管的热处理, 特别是分段石墨片的高温预处理是保证氩离子激光器质量的关键一环。

目前一般采用高频感应加热处理, 处理温度在 1200°C 左右。这个处理温度是根据以下两个理由决定的: 一是认为氩离子激光器正常运转时激光管内最高温度不超过

1200°C, 只要石墨片预处理温度达到 1200°C 就可以保证激光器运转时不会再挥发杂质。二是通常使用的 30 千瓦高频感应加热设备所能达到的最高温度也在 1200°C 左右, 再提高难度很大。

为了确定分段石墨片预处理的合理温度, 我们观察了不同工作状态运转后的激光管。结果发现工作电流超过 40 安培时, 石墨片之间的石英隔环和固定石墨放电管的石英端环上出现少量彩色斑点, 它是从石墨中释放出的有机杂质造成的。这说明大电流工作的氩离子激光器, 放电等离子管内的最高温度超过 1200°C。

但 30 千瓦高频感应加热设备在全负荷输出时 (阳极电压 9500 伏, 阳极电流 4.5 安), 分段石墨片仅能达到 1200°C 左右 (用 WGG 2-201 型光学高温计测量)。为了克服传统工艺的这一不足, 我们改进了加热装置, 在装石墨片的石英套管和高频电流输出螺旋管之间加了氧化铝陶瓷保温套管。具体方法是, 选用长 950~1050 毫米, 内径 50~55 毫米, 外径 60~65 毫米的氧化铝陶瓷管, 在管子的中部开一个小窗口, 用来观察石墨片的温升情况。将陶瓷管放入高频感应加热设备

表 2 保温措施前后不同电压下石墨片温升情况对照表

电压(伏)	保温措施前	保温措施后
5000	石墨片不见红	石墨片见红, 600°C 以上
6000	石墨片微微见红 600~700°C	石墨片明显发红发亮, 1000°C 以上
7000	700~800°C	辐射光黄中透白, 刺眼 1300~1400°C
8000	900~1000°C	石英套管熔融软化, 超过 1500°C
9000	1000~1100°C	不允许使用
9500	1100~1200°C	不允许使用

的螺旋管内,前后用绝缘耐火材料垫平,再把装好石墨片的石英管水平放入陶瓷管内,即可按常规方法加热处理。保温措施取得了满意的结果,实验数据和现象见表2。

保温措施不仅成功地解决了需要温度和可能达到温度之间的矛盾,而且由于采用保温措施后高频感应设备只在约三分之二的负荷下工作,这不仅延长了设备的使用寿命,而且节约了大量电能。以我所30千瓦高频感应设备每年作业时间800小时为例计算,一台高频感应加热设备每年可节电15000度。

实验结果

为了检验碳黑激光石墨在氩离子激光器中的实际效果,我们用不同类型激光石墨作放电等离子管,利用保温措施使石墨片预处理温度达到 1400°C 以上作了对比实验。

1. 1981年7月,我们用碳黑激光石墨研制了8105号激光器,放电等离子管分段石墨片厚度为6毫米,放电区长800毫米,中心孔3毫米,全谱线最高输出功率大于8瓦。在大电流下做寿命实验,长时间工作在30安培以上,工作电流最高达47.5安培,运行时间累计200小时左右,观察管体,发现放电管内很干净,分段石墨片没有因为大电流轰击而掉灰。

2. 1981年10月份,在其他条件不变的情况下,我们用碳黑激光石墨和较好的焦炭激光石墨连续做二支激光器。焦炭激光石墨研制的激光器(8111号)最高输出功率大于8瓦,碳黑激光石墨研制的激光器(8112号)最高输出功率大于7.5瓦。运转一个月以后8111号激光器输出功率降为3瓦左右,而8112号激光器运转二个月后功率没有明显变化。

3. 1981年9月份研制的8110号碳黑

石墨氩离子激光器,石墨片厚度4毫米,中心孔径3毫米,放电区长度800毫米,最高输出功率8瓦以上。我们在输出功率2~3瓦的条件下做寿命实验,从1981年10月13日开始,除临时停电外昼夜运转,到12月14日止共运转1270小时,经中国科学院长春光机所计量室定标的绝对功率计测量,工作电流36安培时输出功率仍高达6.9瓦。现在该激光器已经运转1500小时以上,仍在正常工作中。

4. 值得注意的是,由于气体清除效应,氩离子激光器运转一段时间后必须补充气体。文献[3,4]报导:石墨结构的放电等离子管经过规定的工艺处理,激光器工作150小时以后第一次充气,200小时以后第二次充气,300小时以后第三次充气。氧化铍结构的放电等离子管据美国光谱物理公司的资料,激光器开始工作200小时后第一次充气,又800小时以后第二次充气。而我们用碳黑激光石墨研制的8110号激光器运行1500小时只充气一次,充气时间是在激光器运转700小时的时候。这个实验结果将是很有意义的。

以上工作得到徐复兴所长的热心指导和张明志、于湘洋同志的密切配合。此外,王景霞、王凤兰、牛青山、康益基、李海山、臧明、陈荆江、张乃音、孙淑清、杨金珍、吕巍、刘桂珍、林青、杨春光等同志也为实验做了很多工作;李盛宇同志给本文提出过宝贵意见。在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] W. H. 考尔著,莫纯昌等译;《电子管材料和工艺》,1965,6,137.
- [2] C. R. Houska, B. E. Warren; *J. Appl. Phys.*, 1954, 25, 1503.
- [3] 王联治,崔大复;《激光》,1979,6, No. 8, 32.
- [4] V. F. Kitaeva et al.; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1969, QE-5, 72.