

## 氦-氖激光器阴极的扫描电镜分析

**Abstract:** Experimental analysis on the Al cathode of a He-Ne laser using a scanning electron microscope is described and the main results have been obtained. The relationship between the properties of the He-Ne laser and the cold cathode-materials, defects, pits, etching and other surface finishing is analysed. Over 20 pictures are presented.

氦-氖激光器阴极表面状态对于激光器的使用寿命、输出功率稳定性、激光噪声等参量影响很大。使用金相显微镜观察阴极表面,因放大倍数较低,不能连续调节,往往难于作出判断。扫描电子显微镜的鉴别能力高,景深度大,可以连续观察各种放大倍数的表面形态。我们从1979年2月至1981年9月,选择各种典型的激光管的铝阴极,制成百余样品,使用我校分析中心的扫描电子显微镜,进行了仔细的观察,积累电镜照片上千张。现将已获得的某些规律性结果报导如下。

### 一、判断阴极表面质量

目测阴极如见任何细微斑痕,用扫描电镜都可

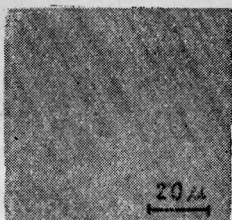


图1 良好的辗压高纯铝表面结构图



图2 良好的挤压纯铝表面结构图

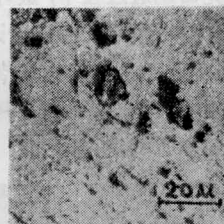


图3 不干净的挤压纯铝表面(原材料)

以看出极复杂的结构。在金相显微镜中看不出明显差异的样品,用电镜则可看出十分清楚的差别。

大量电镜照片表明,制造长寿命氦-氖激光器的

子已不再各向同性分配,表现为在轴向具有很强的受激辐射,而侧向同一谱线的自发辐射非常弱,这个现象称之为侧面荧光凹陷。显然,我们只要拍摄侧向和轴向辐射谱,根据谱线的相对强度的比较,就可作出甄别。

以上仅对一些主要甄别技术作了介绍,对于象测试光束发散角等其他方法就不一一

列举了。

### 参 考 文 献

- [1] A. L. Bloom *et al.*; *Appl. Opt.*, 1975, **14**, 14.
- [2] R. H. Dicke; *Phys. Rev.*, 1954, **93**, 99.
- [3] L. Allen, G. J. Peters; *Phys. Lett.*, 1970, **31A**, 95; *J. Phys. A: Gen. Phys.*, 1971, **4**, 238; 377; 564; 546.
- [4] P. W. Hoff *et al.*; *Opt. Commun.*, 1973, **8**, 128.

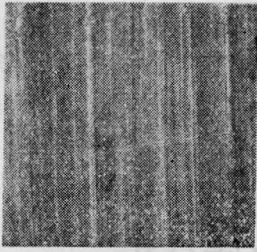


图4 清洗干净的碾压高纯铝表面

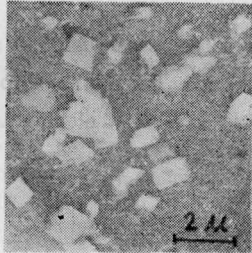


图5 清洗不干净的铝表面

阴极应具有如图1、2、4所示的表面形态,除轻微的轧制细纹外,无坑洞及污点。图3是表面有油迹的原材料,必须注意清洗去油。图5是经5%氢氧化钠水溶液浸蚀半分钟后未清洗干净的阴极表面,可见晶体污物。

## 二、判断阴极被浸蚀程度

在氨-氟激光器制造过程中,最好避免让阴极接触酸碱。但因材料、结构、工艺等原因,有些激光管不用酸或碱就洗不干净。我们用扫描电镜观察了被酸、碱浸蚀过的铝阴极表面形貌,可判断浸蚀是否适当,结果如图6~11所示。

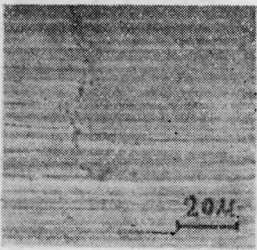


图6 丙酮浸泡25小时的高纯铝表面

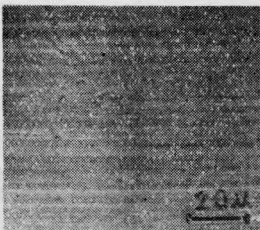


图7 2%HF浸蚀1分钟的高纯铝表面

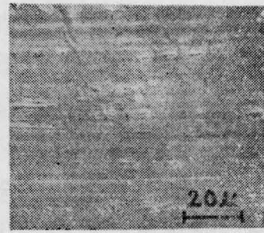


图8 5%HF浸蚀1分钟的高纯铝表面

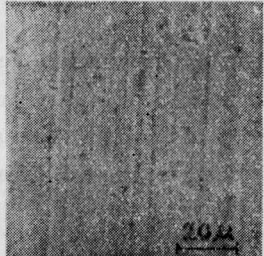


图9 丙酮浸泡25小时的纯铝表面



图10 5%NaOH浸蚀1分钟的纯铝表面

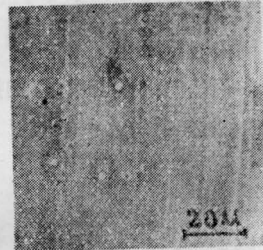


图11 5%NaOH浸蚀6分钟的纯铝表面

纯铝阴极表面用3%氢氟酸水溶液(或者5%氢氧化钠水溶液)清洗时间不超过1分钟,表面形貌改变不大,用它制作的氨-氟激光器点燃寿命已超过10000小时。酸、碱浸蚀过度的铝阴极表面出现大量侵蚀坑,使表面形态完全改观,制成激光器点燃寿命大大缩短。

## 三、制作和使用过程中阴极表面形态变化和成份分布

用扫描电镜仔细观察了铝阴极原材料,阴极清洗前后,激光器排气完毕,激光器正常点燃使用500、1000、5108、5952、10800、27620小时后铝阴极表面形态的变化。

清洗激光器后残留在阴极上的水迹(目测可见)、盐类结晶(目测不一定感到异常)均可用扫描电镜清晰地看到结构细节。表面结构不好的纯铝电极(如图 12、13 所示),用它做成的氩-氦管在正常工作电流值条件下点燃 2000 小时,整个阴极表面都先后发生强烈的反常溅射,表面被严重破坏后的形貌如图 14、15 所示。



图 12 不好的纯铝表面



图 13 不好的纯铝表面

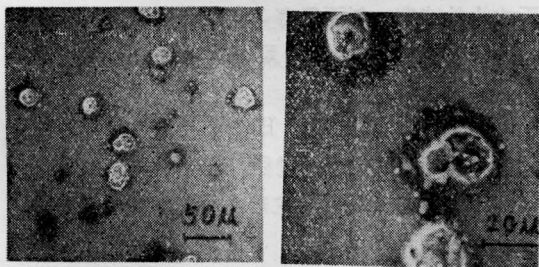


图 14 正常点燃 2000 小时氩-氦管铝阴极上发生反常溅射后呈暗灰色处

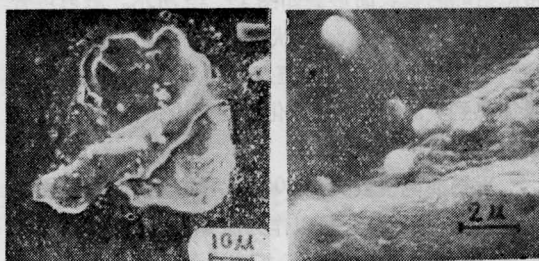
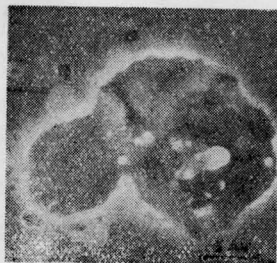


图 15 点燃 2000 小时氩-氦管铝阴极上发生反常溅射呈红色处

用扫描电镜观察一批内表面焊有镍皮的铝阴极表面的成份分布,发现镍被放电溅射到铝表面。

#### 四、正常溅射与反常溅射的区别

在氩-氦激光管工作时,阴极上总有溅射存在。在正常辉光放电条件下溅射最弱,激光器寿命最长。发生反常辉光放电时,阴极斑点上电流密度大大增加,阴极位降增大,轰击阴极的正离子流密度和能量都很大,引起强烈的阴极溅射,破坏阴极表面的均匀性并发生气体清除效应。

用扫描电镜观察大量氩-氦激光器的阴极,发现正常溅射与反常溅射的阴极表面形态有明显的区别。正常溅射时正离子能量较低,分散轰击阴极表面,比较缓慢地形成分布较密、线度较小、形状有一定规则性的溅射坑。大多数样品没有凝结球,个别样品有极少数的凝结球。经过长时间正常点燃的激光器的阴极表面典型结构如图 16、17 所示。发生反



图 16 正常溅射 10800 小时的铝阴极表面结构

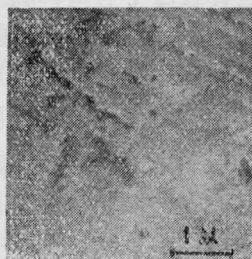


图 17 正常溅射 27600 小时铝阴极表面结构



常溅射的阴极表面形貌如图 14、15 所示。溅射坑分布较稀疏,线度较大,形状极复杂,坑内有许多凝结球。反常辉光放电阴极斑点处局部表面被正离子能量加热到高温,金属铝熔化后冷凝成大量小球,分布在溅射坑内。

用扫描电镜放大 10000 倍左右观察阴极表面是否普遍出现凝结球,可以作为激光器内是否发生过反常辉光放电的判据。分析寿命终了管的阴极表面情况,可以为判断阴极质量好坏提供依据。

我校分析中心扫描电镜实验室王运辉、潘子昂、董玉英等同志在电镜使用方面给予指导并做了大量实验工作;我校激光专业李严和刘春铭同学在毕业实践期间参加了实验工作;沈阳仪器仪表研究所、广州机床研究所、南开大学和成都温度表厂提供了分析样品,一并在此表示感谢。

(清华大学无线电电子学系 胡志强

1982 年 8 月 24 日收稿)

## He-Cd 激光照射治疗 CO<sub>2</sub> 激光创面的动物实验

**Abstract:** The results on animal test show that He-Cd laser irradiation could shorten the healing process of the wound induced by a CO<sub>2</sub> laser.

### 一、实验仪器

用江苏省激光研究所试制的 He-Cd 激光器,为紫蓝光,波长 4416 埃,输出功率 8 毫瓦。

### 二、实验动物

白色家兔,体重 3.7 公斤。

### 三、实验过程

1. 取白兔两侧臀部和右后肢大腿外侧面局部实验区,剃去兔毛。

2. 用 1% 普鲁卡因作局部浸润麻醉。

3. 以 100 瓦的 CO<sub>2</sub> 激光在两侧臀部气化形成两个创面,各为直径 2 厘米。

另取两后肢实验区形成两个创面,各为直径 3 厘米。二者均深达肌层。

4. 任选左臀部与右后肢的创面,用上述 He-Cd 激光散焦照射,隔日一次,每次照射 15 分钟,与未照射的右臀部和左后肢创面(对照侧)以同等条件换药,观察对比愈合情况。

### 四、实验结果

1. 左臀部(照射侧)于 CO<sub>2</sub> 激光气化后的第二天用 He-Cd 激光照射 2 次后即开始干燥结痂,第 11 天脱痂愈合。而右臀部(未照射侧)于 CO<sub>2</sub> 激光气化后的第 9 天才开始干燥结痂,第 11 天仍有 1.1 厘米直径的创面,第 20 天始脱痂愈合,愈合期延长 9 天,占照射侧的 81.8%(9/11)。

2. 右后肢创面(照射侧)于 CO<sub>2</sub> 激光气化后第 2 天用 He-Cd 激光照射 3 次后收敛结痂,第 13 天脱痂愈合。而左后肢(未照射侧)于激光气化后第 13 天才收敛结痂,创面仍有 1.3 厘米直径大小,第 23 天始脱痂愈合,愈合期延长 10 天,占照射侧的 76.9%(10/13)。

以上动物实验证明: He-Cd 激光照射 CO<sub>2</sub> 激光的创面能缩短其愈合的过程。

(江苏省南通医学院附属医院耳鼻喉科

江新 戚琼芳

1982 年 7 月 28 日收稿)