

CO₂ 激光器放电产物的质谱分析

陈万湘 郭志峰 安秋荣
(河北大学物理系, 保定, 071002)

摘要: 本文用质谱分析法对 CO₂ 激光器阴极上的产物进行了分析, 实验结果对提高 CO₂ 激光器的寿命具有一定的参考价值。

关键词: CO₂ 激光器 放电 质谱分析

Mass spectral analysis on products resulted from CO₂ laser discharging

Chen Wanxiang, Guo Zhifeng, An Qiurong
(Department of Physics, Hebei University, Baoding, 071002)

Abstract: Usually, the discharging procedure will product the outcomes at the negative electrode of CO₂ laser. This article examined that these outcomes are C₂₈H₂₂, C₃₀ and C₃₇H₇₄ etc., by mass spectral analysis. The conclusion will be useful to increasing the life time of CO₂ laser.

Key words: CO₂ laser discharging mass spectra analysis

一、引 言

CO₂ 激光具有量子转换效率高的特点, 输出功率从几瓦到上万瓦的 CO₂ 激光器件目前已被大量使用。关于 CO₂ 激光器件的寿命, 许多科研人员和生产单位都进行了大量的研究。研究工作主要在电极材料和气体两方面, 其主要目的是控制混合气体电化学反应的速度, 降低 CO₂ 成分减少的速率, 以便延长 CO₂ 激光器的寿命。在电极材料方面使用过镍(Ni)、银(Ag)、银铜合金或其它合金电极。选用电极材料的原则是: 该材料在氧、氮等混合气体中较高温下化学性能稳定, 且溅射少, 使电极在放电时尽可能少的夺取由 CO₂ 分解产生的氧; 在气体方面, 除氮、氦气之外, 加氢、水蒸汽和氙气。加氢气或水蒸汽对抑制 CO₂ 的分解和还原有一定的作用。加氙气可降低 CO₂ 激光器着火电压, 对降低电极材料溅射和 CO₂ 的离解有益。在一定的电极材料和混合气体中, CO₂ 的分解主要与放电电流和电压有关, 电流越大, 电压越高, CO₂ 离解就越严重。一般小功率 CO₂ 激光器比大功率激光器寿命长, 其使用寿命可在一年以上。目前再提高 CO₂ 激光器寿命是不容易的, 因而, 需要对经过较长时间使用过的 CO₂ 激光器内的电化合物进行研究, 本文在这方面作了一些工作。

二、实 验

实验对象为使用一年以上的 CO₂ 激光器。激光器腔长 1.2m, 镀金全反射镜曲率半径为 3m, 输出端为本征半导体锗平面镜, 放电管内径为 12mm, 放电阴极和阳极由镍片做成筒状置于腔内。在激光器内充有 CO₂, N₂, He 和少量水蒸汽, 混合气体比例为 CO₂: N₂: He = 1: 1: 2: 7, 水蒸汽为 0.1Torr, 总气压为 27Torr。放电电流为 20~30mA, 激光器最大输出功率为 37W。

CO₂ 激光器在放电过程中电化学生产物主要集中在电极上。在使用过程中发现阴极表面靠圆筒端口处有黑褐色物质产生,它随激光器使用延长而增多。从激光腔内取出阴极,放入甲苯溶液中,甲苯使阴极表面上的有机物质溶解,溶液由无色变为土褐色。另外,还有一些难溶的物质。将甲苯溶液浓缩,放入 VG707E-HF 质谱仪内进行检测,得到质谱图,如附图所示。

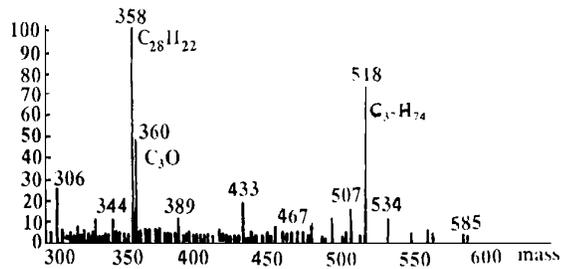


Fig. The mass spectrum of products of CO₂ laser discharging

三、结果与讨论

在放电过程中阴极发射电子,在电子的碰撞作用下,CO₂ 分子易被离解成 CO 和 O,部分氧原子易与电极材料发生氧化,生成氧化物,而使 CO₂ 成分减少,影响激光器的寿命。当采用抗氧化性能好的材料时,这方面的影响可以得到一定程度的克服。加外,氧原子与氮分子可以合成 N₂O,少量的 N₂O 会使激光器输出功率下降。在激光器中加入少量的水蒸汽对抑制 CO₂ 的分解具有一定的作用,但由于放电过程中的电子能量一般在 5eV 以下,它比 CO₂ 分子的离解能(2.8eV)大得多,因而 CO₂ 分子的离解还是可以发生的。CO 的离解能为 3.6eV,它虽比 CO₂ 的离解能大,但 CO 分子在电子的碰撞作用下的离解也不是不可能发生的。在离解过程中虽然有复合过程发生,但也不可能使 CO₂ 成分保持平衡,其原因是复杂的电化学反应过程中会有不可逆产物出现。

混合气体在电子的碰撞作用下可能出现许多原子态(或离子态)的元素,在放电管内混合气体的元素组成为 C, O, N, He 和 H。附图显示的是有机物的分子质量和碳团簇的分子质量,质谱线峰度越高表明在一定温度下该物质量越大。质谱仪检测到化合物的分子量在 585 以下,出现了许多大分子量的有机物。但存在的量都不太大,它们表现在质谱峰度比较低,只有少数几个峰度较高,相对应的分子量分别为 386, 358, 433, 587 和 518。根据质谱学方法^[1]可知,构成有机化合物的 C, H, N 和 O 等元素,含奇数个 N 的化合物的分子量为奇数,一般有机化合物的分子量为偶数。在质谱图中标出了一些分子量为偶数的峰,它们为碳氢化合物或醇类物质。对于图中标出为奇数的峰,它们为含 N 的有机物。对于图中较强的几个峰,即 358, 360 和 518, 它们的分子式可能为 C₂₈H₂₂, C₃₀和 C₃₇H₇₄。这些有机物中的碳和氢来源于 CO₂ 和水蒸汽。如果没有水蒸汽, C₂₈H₂₂和 C₃₇H₇₄就不可能形成;另一方面来讲,如果 CO 得不到高能电子(或其它离子)的碰击,也是不能产生那么多碳原子的。此实验进一步提示:在 CO₂ 激光器内不要再特意加入水蒸汽或氢气(可能牺牲一点激光功率),再者是 CO₂ 激光器高电压起辉和电极表面的局部放电是非常有害的。

四、结 论

在激光器内混合气体的电化学反应是非常复杂的,除金属氧化物和气态物质之外,生成的有机物也是相当多的,分子量最大可到 585,在有机物中碳氢化合物占很大的比例。在 CO₂ 激光器中不加氢和水蒸汽以及低压起辉,均匀放电,放电电流尽可能小,这是克服碳氢化合物生成的关键,也是在一定电极材料下延长 CO₂ 激光器寿命的关键。

大粗糙度表面激光散射特性实验研究*

韩香娥 吴振森 张向东

(西安电子科技大学物理系, 西安, 710071)

摘要: 本文利用激光散射自动测量系统, 对经喷丸处理后的钢基粗糙表面及其喷漆表面的后向激光雷达散射截面(LRCS)进行了测量。测量波长分别为 $\lambda = 633\text{nm}$ 和 $\lambda = 904\text{nm}$ 。在 $\lambda = 904\text{nm}$, 利用粗糙面电磁散射理论的基尔霍夫方法对上述样片进行了理论计算, 其中将粗糙表面视为双尺度模型, 根据驻留相位法和标量近似法理论计算双尺度模型随机粗糙表面的散射强度角分布, 其理论值与实验测量结果有较好的吻合。

关键词: 激光雷达截面 粗糙面散射 后向散射 测量 光散射

Experiments study of laser scattering from very rough surfaces

Han Xiang'e, Wu Zhensen, Zhang Xiangdong

(Department of Physics, Xidian University, Xi'an, 710071)

Abstract: We present the experimental results on the laser back-scattering characteristics, such as laser radar cross section, of very rough surface of steel and coated surface at $\lambda = 633\text{nm}$ and $\lambda = 904\text{nm}$ with a laser scattering automatic measurement system. Based on scattering theory of rough surface, we built up the double-ruler model of the rough surface, and utilize phase method and scalar approximate method of Killhoff theory to theoretically calculate the angle distribution of laser back-scattering intensity for a specimen of rough surface, at $\lambda = 904\text{nm}$. The experimental results are well agreement with theoretical calculation.

Key words: LRCS (Laser Radar Cross Section) rough surface scattering back scattering measurement light scattering

一、引 言

各种目标表面的粗糙度、材料和涂层的光学性质对目标可见光、红外激光散射和辐射特性的影响相当显著。因此对实际目标材料表面激光散射截面 LRCS 的理论和实验研究, 已成为

* 国防科技预研基金资助。

参 考 文 献

- 1 刘炳寰等编著. 质谱学方法与同位素分析. 北京: 科学出版社, 1983: 128

* * *

作者简介: 陈万湘, 男, 1943 年出生。副教授。从事激光物理、激光技术、光电子技术、自动控制和普通物理教学。

收稿日期: 1995-12-11 收到修改稿日期: 1996-03-28

