

一种自热式阴极的横向放电特性

归振兴 沈华勤 陈钰明 奚全新 吴东来 张顺怡 王润文

(中国科学院上海光机所雷鸣激光设备厂, 201800)

提要: 本文以石墨阴极为例介绍了一种自热式阴极的横向放电特性, 指出热电子发射是该阴极的主要机理。

关键词: 横向放电, 自热式阴极

Transverse discharge characteristics of a self heated cathode

Gui Zhenxing, Sheng Huaqin, Chen Yumin, Xi Quanxin, Wu Donglai,

Zhang Shunyi, Wang Runwen

(Leiou Laser Equipment Factory, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics,
Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: Taking graphite cathode as an example, the transverse discharge characteristics of a self heated cathode are described. It is indicated that the cathode mechanism is hot electron emission.

Key words: transverse discharge, self heated cathode

在气体流动情况下, 大体积均匀稳定的横向放电^[1~4]是高功率 CO₂ 激光器的关键技术之一。本文通过对石墨棒-板式电极的放电特性研究, 介绍一种自热式阴极结构, 它不附加预放电, 可以在气压高达 100 Torr CO₂ 混合气体中, 或无氮的 CO₂、N₂ 气体中获得大体积辉光放电, 其放电均匀性和稳定性明显优于水冷管-板式的放电。本文就其放电机理进行了初步探讨。

一、实验及主要结果

图 1 给出的是实验用的石墨棒-板式电极结构及线路示意图。阴极是一根长 30cm、外径为 $\phi 10$ mm 的高纯石墨棒; 阳极是由 15×40 mm² 的平面黄铜块, 共 11 块均匀排列在水泥板上, 阳极块间距为 5 mm, 每块阳极通过 5.1 k Ω 的电阻串入放电回路。在石墨棒附近, 气流的上游用一根铜针作初始放电的触发电极, 其限流电阻为 1 M Ω 。石墨棒中心到阴极的高度为 30 mm。整个电极装置被安置在 HJ-1500 型激光器中, 气体流过放电区的速度约 45 m/s。

在器件内充入 CO₂、N₂、He 的混合气体, 观察了闭环下的横向放电特性, 与水冷管-板电

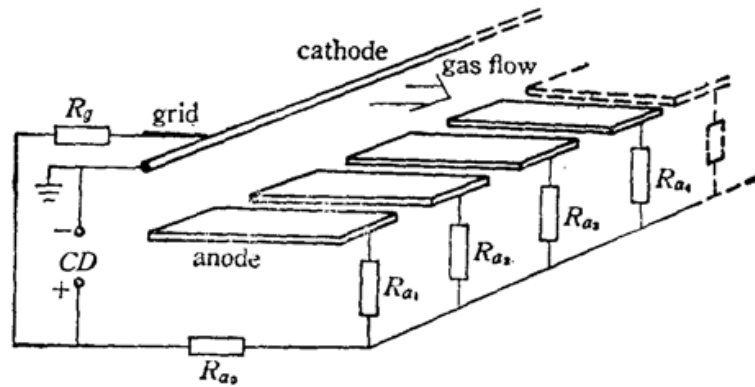


Fig. 1 Schematic of discharge electrodes

极比较,其放电有下述几个特点:

a) 显著地改善了放电的均匀性和稳定性; b) 注入到气体中的电功率可提高 20% 以上(在 $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:8:11$, 总气压 80 Torr 时); c) 大体积无弧辉光放电的工作气压大于 100 Torr。

二、讨 论

众所周知,在低气压冷阴极辉光放电中,阴极表面主要是以离子轰击阴极发射二次电子的 γ 过程来维持稳定放电的。在较高气压下的水冷管-板电极的放电中,主要是通过预放电在阴极表面提供一个初始电子分布以实现大体积放电的。而采用石墨阴极,不需要附加任何预放电,却能在较高气压下获得均匀、稳定的辉光放电,其阴极表面除了存在 γ 过程外,还存在放电加热阴极所引起的热电子发射,而且后者可能占主导地位,因为石墨阴极基本处在绝热状态,除了气流带走一些热量外,在大电流的持续轰击下(在阴极表面的电流密度约 0.1 A/cm^2 量级),阴极表面的温度高达上千度,使得阴极放电表面的气体密度降低,根据阴极的热电子发射理论,此时,阴极有足够的热电子从表面逸出,从而获得均匀稳定的大体积放电。从放电的起始过程中放电沿阴极表面扩展的现象也表明阴极的自加热作用。我们曾用金属阴极管(棒),如紫铜管、不锈钢管,在不通水强制冷却的情况下,同样可以获得与石墨阴极相似的放电结果。由此可见,这种自热式阴极与水冷式管-板电极的放电机理不同之处在于阴极表面的温度。

我们加工了一根 $\phi 14 \text{ mm}$ 的高纯石墨电极,长 1 m,阴极棒中心到阳极高度为 33 mm,使用了 40 块阳极元,有效放电长度 80 cm,在总气压为 80 Torr, $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}$ 比份为 1:8:11 的情况下,输出 1400 W,和水冷管-板电极的结果相当,只是由于石墨材料在高温下将与 CO_2 与 N_2 发生电化学反应,故激光输出功率随时间缓慢下降,2~3 小时后功率下降 200 W。因此,为了使该自热式阴极能在高功率横流 CO_2 激光器中实用化,寻找一种化学性能稳定、耐高温、变形小的阴极材料将是我们的努力方向。

参 考 文 献

- 1 S. Yagi, N. Tabata, *Japan. Trans. IECE Jpn*, **A98**, 57(1978)
- 2 M. Kasumatsu et al., *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-18**(2), 173(1982)
- 3 Kaung-Hsiung Wu, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-23**(11), 1981(1987)
- 4 归振兴 et al., 中国激光(增刊), 激光器件专集, **17**, 31(1990)