

Gauss Curve Type Glass Output TEM₀₀ Mode Laser Discharge Tube

Yingcai Wang*, Lei Wang

Laser Institute, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang Hebei
Email: wang_yingcai@163.com

Received: Mar. 6th, 2016; accepted: Mar. 21st, 2016; published: Mar. 24th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

According to the gas laser with a plane concave cavity, laser beam distribution is similar to a Gaussian curve shape, through precise calculation by special technology and manufacture of glass discharge tube. The discharge tube production of CO₂, He-Ne, He-Cd laser won the TEM₀₀ mode.

Keywords

Gas Laser, Flat Concave Resonator, Gauss Curve, Single Transverse Mode

输出TEM₀₀模激光的高斯曲线分布型玻璃放电管

王英才*, 王磊

河北省科学院激光研究所, 河北 石家庄
Email: wang_yingcai@163.com

收稿日期: 2016年3月6日; 录用日期: 2016年3月21日; 发布日期: 2016年3月24日

摘要

根据气体激光器平-凹共振腔内, 激光束类似高斯曲线分布的形状, 经过精确的计算, 采用创新工艺技
*通讯作者。

文章引用: 王英才, 王磊. 输出 TEM₀₀ 模激光的高斯曲线分布型玻璃放电管[J]. 光电子, 2016, 6(1): 16-19.
<http://dx.doi.org/10.12677/oe.2016.61003>

术制造出来的玻璃放电管。用这种放电管生产出来的CO₂、He-Ne、He-Cd激光器，都获得了TEM₀₀模。

关键词

气体激光器，平-凹腔，高斯曲线，TEM₀₀模

1. 引言

模式、功率和寿命是衡量 CO₂、He-Ne、He-Cd 等常用气体激光器的三个重要指标，而影响这几个指标的主要组成部分是高斯曲线分布型放电管(又叫模体积型放电管) [1]，俗称气体激光器的“心脏”，国外对此研究十分重视。对此，原国家科委曾花巨资组织国内的工厂、高等院校和科研单位联合攻关，因为放电管的均匀性、准直性以及成品率等关键问题解决不了，因此收效甚微。我们经过多年研究，根据气体激光器平-凹腔内振荡光束类似高斯曲线分布的形状，先计算出放电管的尺寸，采用特种工艺技术攻克了这一困扰气体激光器生产多年的技术难题[2] [3]，并获“首届全国激光产品质量研讨会三等奖”。用这种放电管生产的 CO₂、He-Ne、He-Cd 激光器，不但都获得了 TEM₀₀ 模，而且还都提高了输出功率和使用寿命，一举多得。

2. 输出 TEM₀₀ 模激光器的光学共振腔

输出 TEM₀₀ 模激光器的光学共振腔，大多采用平-凹腔[4]，它是用一个平面镜和一个半球面镜组成的，腔内的振荡光束类似高斯曲线的分布形状见图 1。这种共振腔容易获得稳定的 TEM₀₀ 模输出[5] [6]。

3. 输出 TEM₀₀ 模高斯曲线型放电管的设计

设： L 是共振腔的腔长； z 是 ω_z 至 $\omega_{\text{平}}$ 的距离； R 是凹面镜的曲率半径； λ 是工作物质的波长； $\pi=3.1416$ 。 R 一般取腔长的2~3倍，即 $R \approx (2 \sim 3)L$ 。

根据平-凹腔理论，求得平面镜处的光斑半径表达式为：

$$\omega_{\text{平}} = \sqrt[4]{\left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2 (R-L)L} \quad (1)$$

凹面镜处的光斑半径表达为：

$$\omega_{\text{凹}} = \sqrt[4]{\left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2 \frac{R^2 L}{R-L}} \quad (2)$$

z 处的光斑半径表达为：

$$\omega_z = \sqrt[4]{\left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2 \frac{R^2 L(R-L)}{(R-z)^2}} \quad (3)$$

根据式(1)式(2)求出 $\omega_{\text{平}}$ 和 $\omega_{\text{凹}}$ 后，再将， $Z = Z_1, Z_2, \dots, Z_l$ 。代入式(3)，逐点计算出光斑半径后，就形成了如图 1 所示类似高斯曲线的形状。理论计算和实际应用还有一定的差距，考虑到既能保证获得 TEM₀₀ 模，又能得到较大的输出功率，根据计算和实验表明，产生最大输出功率的孔径 D_z 应该是模半径 ω_z 的 K 倍，即：

$$D_z = K\omega_z \quad (4)$$

式中， $3 < K < 4$



Figure 1. Plane-Concave resonator

图 1. 平 - 凹共振腔

4. 提高 TEM₀₀ 模体积的利用率

一般激光束并不能充满整个放电管的横截面, 而对激光输出有贡献的等离子体只是与光束相互作用的那部分气体, 最理想的情况下, TEM₀₀ 模的体积最好与等离子体的体积相等。但实际上放电管的利用率只占等离子体的一部分, 用 η 表示。

$$\eta = \frac{V_{\text{模}}}{V_{\text{管}}} \quad (5)$$

式中, $V_{\text{模}}$ 为振荡模的体积; $V_{\text{管}}$ 为放电管的体积

经过计算, 当放电管长 $l = 1 \text{ m}$, $D_z = 3.3\omega_z$ 时, 高斯管、园锥管园直管模体积的利用率分别为[5]:

$$\eta_{\text{高斯}} = \frac{V_{\text{模}}}{V_{\text{高斯}}} = 50\% \quad (6)$$

$$\eta_{\text{园锥}} = \frac{V_{\text{模}}}{V_{\text{园锥}}} = 45\% \quad (7)$$

$$\eta_{\text{园直}} = \frac{V_{\text{模}}}{V_{\text{园直}}} = 33\% \quad (8)$$

由式(6)式(7)和式(8)不难看出, 高斯曲线分布型放电管, 在模体积不变的情况下, 充分利用了增益区。由于高斯光束严格地限制在高斯曲线分布型放电管内, 从而容易获得 TEM₀₀ 模。又由于这种放电管比园直管充气气压高, 工作电流低, 因而又增加了使用寿命。

5. 通用的加工工艺

目前国内加工 TEM₀₀ 模玻璃放电管的工艺有三种:

1) 机器拉制工艺。机器拉制工艺拉制出来的玻璃管, 大多是园直管, 要想满足输出 TEM₀₀ 模的设计要求, 必须从大量园直管中挑选。这种方法费时、费力, 也给激光器的生产增加了成本。

2) 钢丝绳研磨工艺[7]。这种工艺是利用钢丝绳把园直玻璃管的内径研磨成一头大一头小呈喇叭状的锥形管。这种工艺同样费时费力, 精度也很难达到设计要求。而且只能加工内径细、长度短的放电管。

3) 热滚成型工艺。这种工艺是把园直玻璃管套入设计好的芯棒内, 边对玻璃管加热边滚动, 直到玻璃管贴紧芯棒。冷却后, 利用金属芯棒和玻璃管的膨胀系数之差, 把金属芯棒取出, 这样, 就加工成了高斯曲线型放电管。这种工艺加工尺寸受限制, 操作复杂, 成本也高, 不容易推广。

6. 创新新工艺

我们研究的这种创新新工艺, 既能加工内径 $1 \text{ mm} \leq D \leq 20 \text{ mm}$ 的放电管又能加工长度 $l \geq 2000 \text{ mm}$ 的放电管。用这种方法加工的高斯曲线分布型放电管, 做成的 CO₂、He-Ne、He-Cd 激光器都获得了 TEM₀₀ 模, 三种激光器的实验结果见表 1; xy 记录仪记录的 CO₂ 激光器的 TEM₀₀ 模输出波形见图 2。

这三种激光器 TEM₀₀ 模的输出功率, 都比同类产品提高 20% 左右, 创造了全国最高的输出记录。

Table 1. Experimental results of three kinds of gas lasers
表 1. 三种常用气体激光器的实验结果

品名	腔型	放电管长(mm)	输出功率	模式
CO ₂	全内腔	850	55 w	TEM ₀₀ 模
He-Ne	全外腔	1000	60 mw	TEM ₀₀ 模
He-Cd	全外腔	1700	120 mw	TEM ₀₀ 模

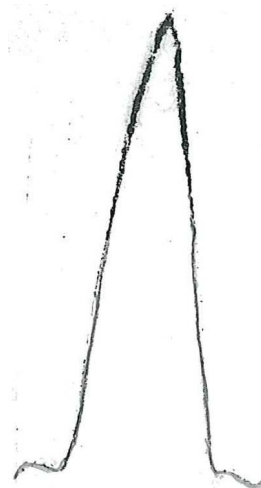


Figure 2. Single transverse mode output waveform of CO₂ laser
图 2. CO₂ 激光器的 TEM₀₀ 模输出波形

7. 结论

目前, 输出 TEM₀₀ 模的气体激光器, 在军事、科研、医疗和工业加工等领域需求量很大。因为高斯曲线分布型放电管还不能大批量生产, 因此, 还满足不了国内外市场的大量需要。本创新工艺解决了这一困扰气体激光生产多年的技术难题。利用这一创新工艺, 可批量生产大于二米的高功率 TEM₀₀ 模气体激光器。

参考文献 (References)

- [1] 王诺, 唐令西, 强春生, 王英才. 具有模体形状放电管的 He-Ne 激光器[J]. 中国激光, 1989(16): 460-462.
- [2] 王英才. 氦氖激光器玻璃放电管成型新技术[J]. 应用激光, 1989(9): 136.
- [3] 王英才. 输出 TEM₀₀ 模激光的高斯曲线分布型放电管[C]. 北京: 第四届中国发明家论坛, 2010: 122.
- [4] [日]松平维石, 等, 著. 激光原理及实验[M]. 赵伯林, 译, 科学出版社, 1983: 26.
- [5] 强春生, 等. 纵向放电双曲型 CO₂ 激光器[J]. 应用激光联刊, 1981 (1): 52.
- [6] 杨卓, 邹华. 高斯光束传播特性研究[J]. 光电子, 2015, 5(1): 6-11.
- [7] 吴春煌, 等. 提高 TEM₀₀ 模氦氖激光器成品率的方法[J]. 应用激光, 1989(4): 250.