

ω 形电标定 CO_2 激光功率计

刘自立

(二〇九所)

提 要

本文介绍了一种接收头结构独特,形如 ω 旋转面的电标定 CO_2 激光功率计。它具有容易自制,性能可靠,使用方便等优点,能直接测量 0.1~20 瓦 10.6 微米的连续波激光输出,偏差 $\pm 3\%$ 。

一、引 言

激光功率计的种类很多,已有文章^[1]作了概述,这里不再重复了。但是测量中小功率连续波 CO_2 激光器的输出功率的功率计并不多。广泛使用的是一种圆锥形热偶量热器^[1],测量范围 1~50 瓦,用光校准,误差 10%。还有一种是圆盘功率计^[2,3],结构简单,采用电校准。到目前为止,我国的连续波激光功率测量仪器还未最后定型和统一。然而随着激光技术的发展,不论是在科研中还是在生产上都急需一种合用的激光功率计。 ω 形电标定 CO_2 激光功率计,就是根据我们工作的需要,并参考已发表的一些资料^[2,4]而设计制作的,其外形如图 1 所示。它是一种用热偶测量激光辐射的 ω 形光热式激光功率计,它将激光功率(瓦)标准用电能代替法建

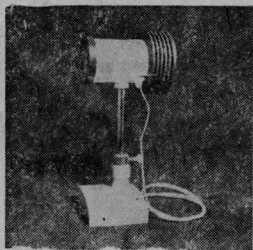


图 1 ω 形接收头外形

立在易于准确测量的直流电压(伏)、电阻(欧姆)的基准上。 ω 形电标定 CO_2 激光功率计本身具有以下几个特点:(1)选用导热性能良好的铝做接收体材料,铝的表面经阳极氧化容易得到一层电绝缘性能和热传导性能好的 Al_2O_3 层,这层氧化物不仅能耐高温,而且经发黑后对激光辐射的吸收率也非常高。(2) ω 形接收体不仅比过去广泛使用的圆锥形量热器易于加工,而且近乎于黑体,因而对激光辐射的吸收比圆盘功率计更完全。(3)由于接收体的几何形状独特,对激光束有散束作用,而且底部质量较大,虽然激光束的强度呈高斯分布,也不会造成接收体局部过热,因而减小了光电不等价所引起的误差。(4)采用电标定,这不仅使功率计能自标定,易于自制,而且在设计上让电标定丝所发的热尽量被接收体吸收,减少了热损失,因而有利于降低功率计的系统误差。(5)配合检流计(分三档)能直接测量 0.1~20 瓦 10.6 微米的连续波 CO_2 激光器的输出功率。特别是用于测量束径较小的波导 CO_2 激光器的连续输出,更显示出它的优越性。该功率计先后与四台定标过的功率计进行过对比,偏差 $\pm 3\%$ 。

收稿日期: 1979 年 1 月 23 日。

二、结构及原理

ω 形电标定 CO_2 激光功率计分为接收和显示两部分,接收部分的结构如图2所示,其中:

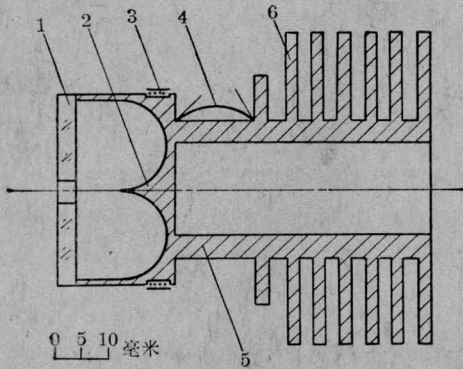


图2 ω 形接收体主体结构

1是镀金反射镜(金面向内),镜的中心有一个激光入射的小圆孔,孔径的大小由被测光束束径的大小来选定。

2是 ω 形接收头, ω 形接收头的旋转面可以看作是一半圆母线绕和它共平面的,并与半圆直径垂直的,到半圆圆心的距离等于半径的轴线旋转而成,如图3。实际上它是用 $R=8.5$ 毫米(或其它合适的尺寸)的半圆弧样板刀在车床上经车制自然形成的环状半圆槽,环状半圆槽的中心是一个圆滑的尖顶,沿旋转轴的剖面形如 ω 。整个工件用铝棒车制

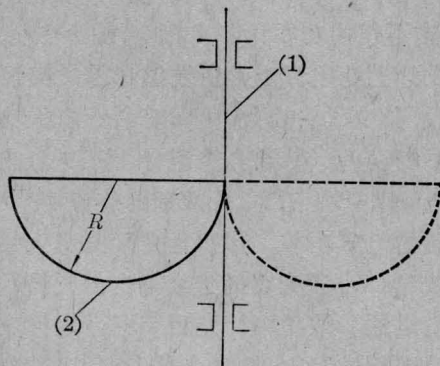


图3 ω 形旋转面的形成

(1) 旋转轴 (2) 母线

成,表面在20%硫酸溶液中经深度阳极氧化和发黑处理。

3是电标定丝,采用 $\phi 0.15$ 毫米的康铜丝单层绕于外壁环形槽中,外部用厚度0.5毫米的聚四氟乙烯环形圈绝热。

4是热偶,由13对铜-康铜组成,将热偶的热端和冷端分别均匀贴于传热导管外壁的热端和冷端。

传热导管5和散热器6与接收头为一整体,一同经阳极氧化和发黑处理。

显示可用直流复射式检流计或数字式电压表显示,也可将热偶的输出信号经放大用微安表显示。

ω 形电标定 CO_2 激光功率计的工作原理是,激光经反射镜小孔进入 ω 形接收头,由于接收头表面被发黑的氧化铝层对10.6微米的激光辐射的单次吸收率约95%^[5],加之接收头表面的几何形状是 ω 形旋转面,且与反射镜相配合,激光在接收体腔内表面经无数次吸收,其总吸收率 K 在99%以上。 K 是通过以下的计算近似地求得的。

如图4所示,环形半圆槽的 $R=8.5$ 毫米,因而 ω 形旋转面的半径 $R'=2R$,整个接收头内表面的面积 S 应是 ω 形旋转面的面积 S_1 与半径为 R' 、高为 H 的圆柱侧面积 S_2 之和,即

$$S = S_1 + S_2$$

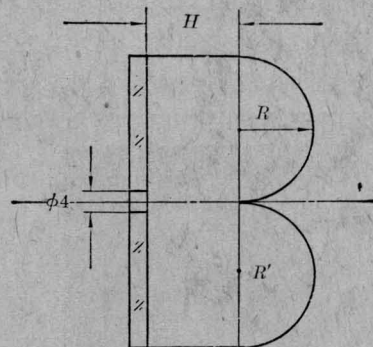


图4 接收体内表面各部尺寸

$$\begin{aligned}
 \text{因 } S_1 &= \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} R^2 \cos^3 \varphi d\varphi d\theta \\
 &= \frac{16}{3} \pi R^2
 \end{aligned}$$

又因 $S_2 = 2\pi RH$ (该功率计 $H = 9.5$ 毫米), 当反射镜的小孔 $\phi = 4$ 毫米 (即半径 $r = 2$ 毫米) 时, 接收体腔内表面总吸收率 K 应由下式近似地求得:

$$K = \left(\frac{16}{3} R^2 + 4RH - r^2 \right) / \left(\frac{16}{3} R^2 + 4RH \right) \approx 99.43\%$$

激光以热能的形式经传热导管传至散热器, 传热导管两端出现温度梯度, 同时在热偶的冷端和热端间就有一温差电动势产生, 温差电动势的大小正比于激光功率的大小。若在相同的条件下, 不让激光进入接收头, 而是在电标定丝两端通电加热, 使热偶两端输出的温差电动势与激光照射时输出的温差电动势大小相同, 这时电标定丝所消耗的电功率 (W_E) 就等于入射激光的功率 (W_L)。

改变加在电标定丝两端的电压 (V), 就会得到一组相对应的温差电动势数据, 若以显示器的读数为横坐标, 以电功率 $W_E = V^2/R$ 的大小为纵坐标作图, 便可得到一条电标定曲线。在测量连续波激光功率时, 纵坐

(上接 61 第页)

一般取腔体的长高比为 10:1; 其刚性是可以令人满意的了。要注意刚性与热稳定性的区别, 前者是在受外力作用下表现出来的, 而热稳定与受热情况、导热性和膨胀性有关, 与刚性无关。

反射镜调节机构要求达到很高的角精度, 结构松动是不行的。对于商品采用粗调与精调相结合的机构, 在水平和垂直方向可调为好。

采用三个顶直调节支架对保证毛细管在安装中的直线性是有益的。鉴于放电管与腔

标就表示激光功率 (W_L)。

三、讨 论

1. 该功率计除用于测量 10.6 微米的连续波 CO_2 激光器输出功率外, 还可用来粗略测量 0.1~20 瓦的其它波段连续波激光器的输出功率。

2. 如果使用衰减器, 可以扩大测量的上限。

3. 该功率计的上升时间为 30 秒, 下降时间为 19 秒, 热平衡时间为 37 秒。要想缩短热平衡时间, 在制作时首先应减轻 ω 形接收头的质量; 其次还要缩短传热导管的长度, 增大其横切面积, 即缩短热端至冷端的热程和增大传热速度; 第三要从设计上改善散热器的散热效果。

参 考 文 献

- [1] 邱明新,《激光》, 1, No. 2, 22~29 (1974).
- [2] D. A. Jennings *et al.*; *Rev. Sci. Instr.*, 41, No.4, 565~567(1970).
- [3] 上灯一厂等,《激光》, 4, No. 2, 25~31 (1977).
- [4] 稻场文男等, レーザーハンドブック, 299~311 (1973).
- [5] J. H. Jacob *et al.*: *Rev. Sci. Instr.*, 44, No. 4, 471~474(1974).

体相对位置的重要性, 支架应与腔体连在一起。对旁阴极激光管的阴极泡壳需要适当的支撑, 以保证使用和运输的安全。

参 考 文 献

- [1] *American Journal of Physics*, 37, No. 3, March (1969).
- [2] D. C. Sinclair; *App. Opt.*, No. 3, 1067 (1964).
- [3] 《Laser handbook》, Vol 1, 599~621 (1972).
- [4] 《Opt.-electronics》, 4, 21~30, (1972) 译文集.
- [5] 《激光技术》, 天津大学, (1972).
- [6] “WSB 型氦-氖激光器”, 北京科仪厂 (1976).
- [7] P. W. Smith; *IEEE. J. Quan. Elect.*, QE-2, 77~79 (1966).
- [8] “半内腔式 Ne-Ne 激光器”, 浙江大学光学系 (1973).