

LG-1000 流水补偿式激光大功率计

Abstract: A laser power meter having a mirror of 120° big cone angle and a long absorption cylinder is described. It has two sets of symmetrical structures for photo-thermal conversion and electrical calibration. The measurement range is 30-1000 w with an accuracy of $\pm 5\%$.

一、结构简介

图1表示功率计的结构原理。功率计主要部件如下:

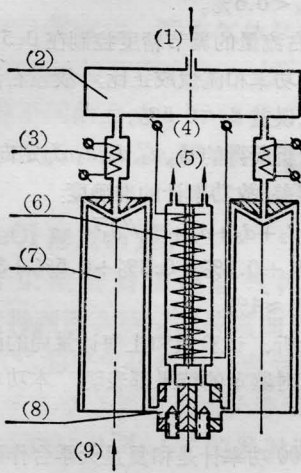


图1 功率计结构原理

- 1—进水; 2—缓冲器; 3—加热器; 4—热电偶;
- 5—出水; 6—热电偶; 7—光热转换器;
- 8—节流阀; 9—激光

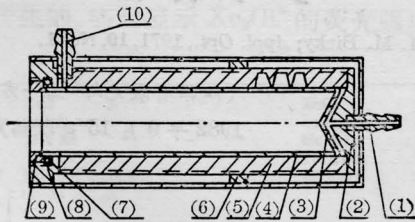


图2 光热转换器结构图

- 1—入口管接头; 2—后盖; 3—反射镜; 4—吸收筒;
- 5—流水套; 6—固定环; 7—“O”型密封圈;
- 8—前盖; 9—压盖; 10—出口管接头

1. 光热转换器。图2为其结构图。反射镜为 120° 圆锥角, 迎光面镀金膜, 反射率在 95% 以上。吸收筒是壁厚 0.5 毫米的紫铜薄管, 通光口径 40 毫米, 长 200 毫米, 内表面镀黑镍。反射镜和后盖间

形成圆锥夹道以冷却反射镜。冷却套制成内梯形尖角螺旋槽。

2. 加热器采用中空式骨架结构, 绕上 $\phi 0.40$ 毫米镍铬电阻丝。加热线圈的阻值约为 55 欧姆。

3. 热电偶采用考铜-银配对, 对数 300, 热电偶丝线径 $\phi 0.20$ 毫米。

此外, 还有节流阀和对光调节装置。

二、测量原理

参看图1和图3。冷却水进入缓冲器后分成流量相同的左右两路, 分别经加热器、光热转换器、节流阀, 最后经过热电偶排出。激光沿着左光热转换器的轴线射入后, 反射镜将激光功率反射并扩散到吸收筒的四周, 向着筒口经过一次次吸收和反射再吸收, 使激光功率充分地吸收。光能转换为热能, 吸收筒升温并把热量传导给左冷却套中的冷却水。水温跟着升高, 并使热电偶产生热电势, 其大小由数字电压表读出。随即由 220 伏交流电经稳压、调压、整流后输入右加热器, 使右路冷却水亦升温, 从而使热电偶的热电势降低。当热电势为零, 即左右两水路温度相同时, 电功率表上指示的右加热器上的电功率即为左光热转换器上被测激光的功率。

反之, 右光热转换器接收激光功率, 左加热器电加热, 过程和结果亦都一样。

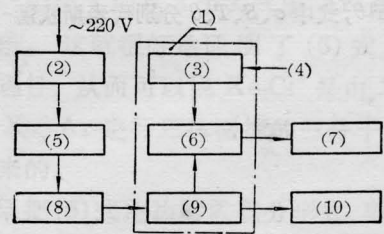


图3 功率计测量电路方框图

- 1—流水激光功率计; 2—交流稳压器; 3—光热转换器;
- 4—激光; 5—调压器; 6—热电偶;
- 7—数字电压表; 8—整流器; 9—加热器;
- 10—电功率表

三、性能

LG-1000 功率计自 1979 年 9 月开始研制以来, 经多次修改, 反复试验, 已于 1982 年 3 月通过技术鉴定, 达到的主要性能指标如下:

适用波长	0.3~15 微米
测量功率范围	30~1000 瓦
灵敏度(冷却水流量 < 1.8 升/分) > 0.1 毫伏/瓦(见图 4)	
准确度	±5%

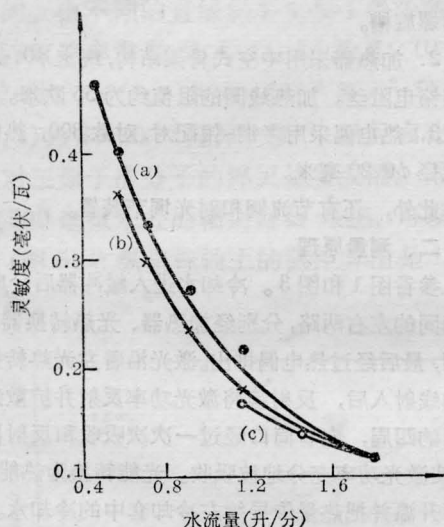


图 4 灵敏度和水流量的关系
(a) 30 瓦; (b) 600 瓦; (c) 1000 瓦

四、误差分析

1. 反射镜锥顶不是理想的尖点, 而是一个小球面产生了反射损失。[1]给出大角度反射镜的回反射损失接近 0.5% 的实测结果。本功率计由这个原因造成的测量误差 d_1 , 也小于 1.0%。

2. 反射镜热辐射损失的功率近似为 $P_0 = \sigma ST^4 \sin^2 \theta$, 式中 σ 、 S 、 T 、 θ 分别代表斯忒藩-波尔兹

曼常数、激光光斑面积、反射镜迎光面平均的绝对温度、反射镜半锥角。当激光功率为 1000 瓦、光斑直径为 4 厘米、反射镜迎光面的平均温度为 100°C 时计算得 $P_0 \approx 1$ 瓦。因此认为反射镜热辐射损失引起的误差 $d_2 \leq 0.1\%$ 。

3. 加热器引线的热传导损失。中国计量院的试验结果是: $\phi 0.18$ 的纯铜引线流失的电加热功率为 0.5%。本功率计使用 $\phi 0.4$ 纯铜引线, 推算得流失的功率为 0.18%, 故引线热传导损失所形成的测量误差取 $d_3 = 0.3\%$ 。

4. 功率计左右结构不完全对称, 造成左右向外界散热不十分相同。试验数据表明, 这部分引起的测量误差 $d_4 < 0.5\%$ 。

5. 左右流量的调节精度控制在 0.5% 以内, 又流水带走的功率和流量成正比, 故左右流量不同而产生的测量误差 $d_5 \leq 0.5\%$ 。

以上分析所得的 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 为定向系统误差, d_5 为偶然误差, 故功率计的准确度:

$$\begin{aligned} A &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + 3\sqrt{d_5^2} \\ &= 1.0\% + 0.1\% + 0.3\% + 0.5\% + 3\sqrt{(0.5\%)^2} \\ &= 3.4\% \approx 4\% \end{aligned}$$

上述分析、试验及和上海计量局的激光中功率工作标准比对鉴定的结果都表明: 本功率计的准确度 $\pm 5\%$ 。

LG-1000 功率计是和复旦大学合作研制的。研制工作一直在戴乐山副教授指导下进行的。上海测试技术研究所、上海光机所给了很大的帮助。在此谨向他们表示衷心的感谢。

参 考 文 献

[1] M. M. Birky; *Appl. Opt.*, 1971, 10, No. 1.

(江苏省激光所 王一方
1982 年 9 月 15 日收稿)