

全波段快响应激光功率计

黄振国 李前康

(中国科学院电子学研究所)

提要: 介绍一种新型热电型激光功率计, 其时间响应快(小于 1 秒)、灵敏度高(大于 18 毫伏/瓦), 在从紫外到红外的光谱区上(1900 埃~25 微米)具有平坦的光谱响应。

Laser power meter with fast time response at full spectral range

Huang Zhenguo, Li Qiankang

(Institute of Electronics, Academia Sinica)

Abstract: A new pyroelectric laser power meter is introduced. It has fast time response (<1 sec), high sensitivity (18 mV/W) and flat spectral response from the range of UV to IR (1900 Å–25 μ m).

一、前 言

国内现有的激光功率计大致分为两大类: 一类是利用硅光电池或光电二极管作为检测元件。这类功率计的特点是响应快(~微秒), 灵敏度高(例如在 100 毫瓦/厘米² 的入射功率下, 开路电压达 500 毫伏)。缺点是对波长的依赖性大, 必须加有波长补偿片才能用于多个波长处的测量。同时光敏元件还存在老化问题及在强光照射下的饱和问题。另一类是利用热电偶作为检测元件, 这类功率计的受光面是黑色吸收体, 频率响应曲线很宽。缺点是灵敏度低, 响应时间长, 甚至达数分钟以上, 不便于用来监视功率变化和调整谐振腔。

为了克服后者的缺点及兼顾前者的优

点, 我们设计了这种宽波长域的高灵敏、快响应激光功率计。

二、设计考虑

所用的检测元件是一片经阳极氧化并发黑处理了的薄铝片, 片厚 0.2 毫米, 氧化膜厚大约 10 微米, 它的反射系数的频率响应曲线测得如图 1 所示。从 1900 Å 到 3000 Å 是用岛津 MPS-50L 紫外分光光度计测量的, 以几片标准的紫外反射膜的反射系数为基准。从 3300 Å 到 2.5 微米是用 DMR-1 可见光分光光度计测的, 以校准过的氧化镁吸收体的反射系数为基准。从 2.2 微米到 25 微米是用 SpecoRD 711R 红外分光光度计测的, 以锗片的反射系数作基准。在这三部分的连接处,

收稿日期: 1982 年 2 月 1 日。

存在着一定的跃变,这是由于仪器误差、测量误差及用作基准的元件的反射系数误差造成的。但尽管如此,由图可以看出,从1900 Å到25微米反射系数之差小于10%,而在可见光波段,则小于1%。如果进一步改进阳极氧化条件及发黑工艺,相信可以得到更为平坦、误差更小的响应曲线。

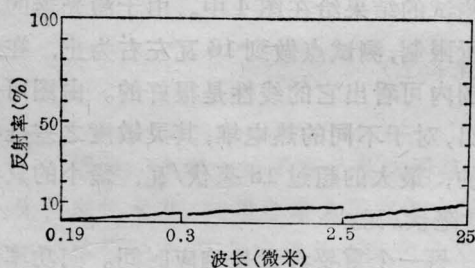


图1 接收器的反射系数与波长的关系

在受光面的背面,用真空蒸镀的方法,镀上15对热电偶,膜厚控制在1微米附近,形状如图2所示。成辐射状排列,二种热电材料相互串联,产生相加的电动势。热电偶的热端分布在一个直径为8毫米的圆周上,冷端分布在一个直径为28毫米的圆周上,冷端与激光功率计接收头的外壳相接触,利用外壳的大热容量来使它保持在室温下。实验表明,外壳温度在0~60°C范围内变化时,几乎不影响读数精度。

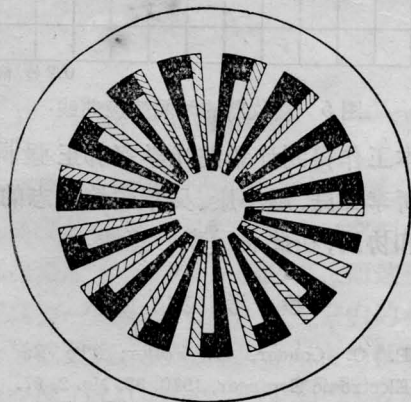


图2 热电堆排列示意图

三、理论分析

如图3所示,在受光面的中心取一个极坐标,假设激光束照射在 $\phi 2r_1$ 的中心圆面积上,这里是热电偶的热端,设其温度为 T_1 ,它是激光功率的函数,热电偶的冷端分布在 $\phi 2r_2$ 的圆周上,设其温度为 T_2 ,稳态下的热传导方程可以写为^[1]:

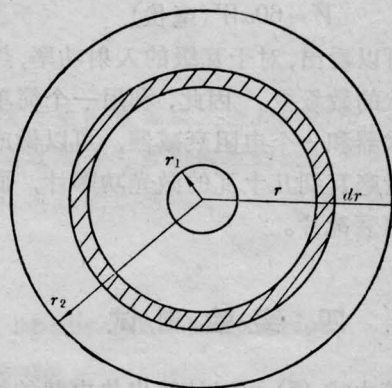


图3 用于计算热传导的示意图

$$W = -K \frac{2\pi r D}{\eta} \frac{dT}{dr} \quad (1)$$

式中, W 是入射的光功率; η 为吸收系数; K 为受光面的热传导系数,在温度变化范围不太大的情况下,可以看成是常数; D 是片子厚度。将(1)式积分,可得:

$$T_1 - T_2 = \frac{W\eta}{2\pi K D} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \quad (2)$$

代入已知的参数: $K \approx 2.3$ 瓦/度·厘米, $D = 0.2$ 毫米, $r_2 = 14$ 毫米, $r_1 = 4$ 毫米, $\eta \approx 0.93$,得:

$$T_1 - T_2 \approx 4.1W \text{ (度)} \quad (3)$$

该式表明,热电偶二端的温度差正比于入射的激光功率,每入射1瓦的激光,可以产生约4°的温差。另一方面,在温度变化不太大的范围内,热电偶的热电势正比于二端的温度差:

$$V = \alpha(T_1 - T_2) \quad (4)$$

式中 α 为每对热电偶对应于1度的温差所产

表1 几种热电偶的 α 值

热电偶材料	铂~铂铑	镍铬~镍铝	铜~康铜	铂~锑	铂~硅
α (毫伏/度)	0.645	4.095	4.277	33.9	41.56
	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$

生的热电势的毫伏数。对于常用的几种热电偶材料, α 的值列于表 1^[2]。

功率计采用 15 对热电偶相串联, 故 (3) 式可以写为:

$$V = 60\alpha W \text{ (毫伏)} \quad (5)$$

由此式可以看出, 对于瓦级的入射功率, 热电势为毫伏的数量级。因此, 利用一个简单的直流放大器和一个电阻衰减器, 可以做成一个从测量毫瓦到几十瓦的激光功率计, 而无需加任何衰减片。

四、实验测试

尽管由式 (5) 可以计算出热电势的绝对

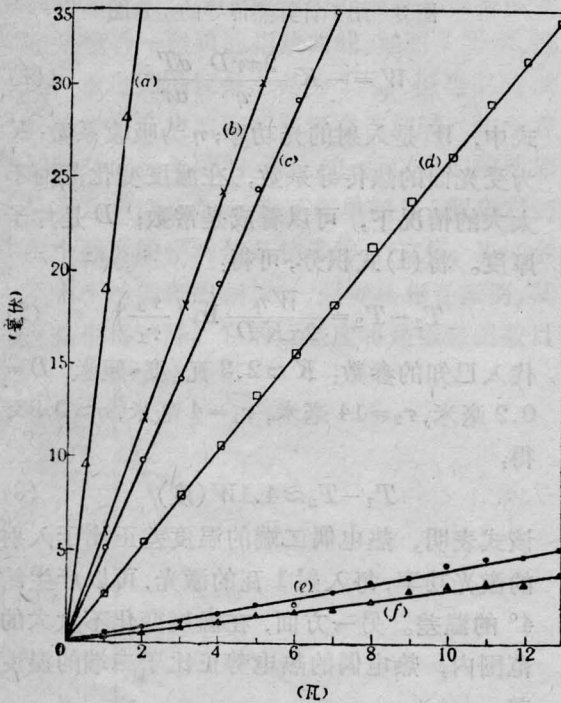


图4 几种热电堆的热电势测试曲线

(a)—TeBi; (b)—SbBi; (c)—AgBi; (d)—AuBiTe
(e)—Chromel·Alumel; (f)—Cu·Constantan

值, 但由于材料的不同和制备工艺的不同, 这个值与实验上实测值有一定的差异存在, 因此需要进行绝对值定标。

我们分别对铜、康铜、镍铬、镍铝、锑、硅、铂、金、银、铋、碲、铈等热电材料进行了实验比较。以一台中功率的氩离子激光器为光源(多谱线输出), 测量了它们的热电势与激光功率之间的关系, 今将几种效果较好的热电堆测试的结果给在图 4 中。由于激光器的功率所限制, 测试点做到 16 瓦左右为止, 在此范围内可看出它的线性是很好的。由图可以看出, 对于不同的热电堆, 其灵敏度之差是很大的, 最大的超过 18 毫伏/瓦, 最小的只有 0.3 毫伏/瓦。

另一个重要参量是响应时间。向功率计输入一个阶梯光信号, 将输出信号输进一个存储示波器, 图 5 是在示波器的荧光屏上描出的轨迹。由图可以看出, 功率计的输出从零到半极大(或 $\frac{1}{e}$ 点)的时间小于 1 秒, 这对于谐振腔的调节已经足够了。另一方面, 由此图可以相信, 室温的变化(它是一种慢变化)不会影响接收器的温差分布, 从而不会影响热电势。

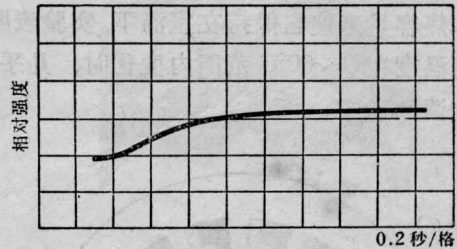


图5 接收器的时间响应曲线

本工作得到计量院光学室郭正强同志, 电子所李亚庭、赵小康、吴章瑜等同志的大力支持和协助, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] P. C. Conder, H. Foster; The Radio and Electronic Engineer, 1970, 39, No. 2, 97.
- [2] 东京天文台编; 《理科年表》, 凡善株式会社出版, 1976 年。