

PT-1 型微激光能量计

Abstract: The structure of PT-1 calorimeter for measuring weak laser energy is described and operation parameters are presented. The measurement error has been analyzed and an accuracy of better than $\pm 4.5\%$ obtained.

一、引言

随着激光技术的进展,面吸收(表面涂黑或碳锥)能量计已不能很好地适应高功率激光脉冲能量的测量,因为吸光层的瞬时温升 ΔT 与吸光层的吸收系数 A 、单位面积上的能量密度 E 以及激光作用时间 Δt 有关,当 Δt 很短时,吸光层表面容易被强激光打坏^[1,2]。因此,近年来研制强激光脉冲能量测量的体吸收能量计发展很快^[3~5]。体吸收就是吸收体的吸收过程是在整个体积内进行的,使接收表面不会产生局部高温,因此,可以承受更高的能量密度。

我们研制的面型体吸收能量计具有绝对定标、响应迅速、线性刻度、性能稳定及使用方便等优点。已用于 0.337 微米的 N_2 分子激光,1.06 微米的锁模激光,0.53 微米的倍频激光及 10.6 微米的 $TEACO_2$ 激光输出能量的测量。

二、结构

能量计的物理模型由吸收体、导热体、电加热器、热电堆、恒温体、隔热层及外壳等组成。吸收体接收被测光能;导热体使光能或电能横向分布均匀;电加热器用电能模拟光能作绝对定标;热电堆对光能或电能的变化作出响应;恒温体用来保持热电堆冷端温度不变,隔热层用来减少零漂;外壳起屏蔽作用。在这一简化的模型中省略了导热层与绝缘层之间的胶合。

我们研制的能量计结构如图 1 所示。用离子着色中性 AB_{10} 玻璃作吸收体;用 LC_4 合金铝(表面阳极处理)作导热体和恒温基块;用 Bi-Te-Se-Sb 合金材料组成的 $p(Bi_2Te_3 \sim Sb_2Te_3)$ 和 $N(Bi_2Te_3 \sim Bi_2Sb_3)$ 型元件多对串接作热电堆;用漆包锰铜丝双线并绕在导热体边缘的凹槽内^[1]作加热器。

在温度场变化较大的环境中测量时,为了消除

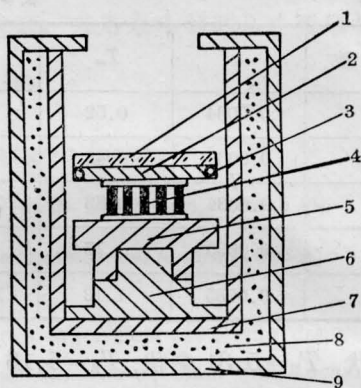


图 1 能量计结构简图

- 1—吸收体 2—导热体 3—加热器
4—热电堆 5—恒温基块 6—绝缘托板
7—内壳筒 8—泡沫塑料 9—外壳筒

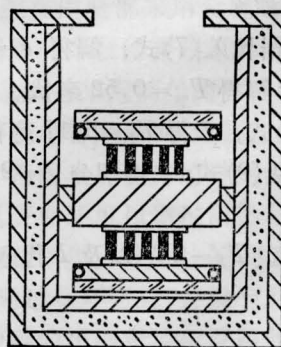


图 2 成对设计结构简图

热扰动的影响,可以采用如图 2 所示的成对设计结构^[5]的能量计,两个热电堆灵敏度相等而反向连接。

三、性能测试

1. 定标器

定标器(电容储能式定标器)是按照能量计绝对

定标的要求而设计的。图3为定标器的工作原理图。定标器输入能量计的电能按下式计算:

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (1)$$

其中 C 为电容(用精密万用电桥监测); V 为电压(用数字电压表监测)。

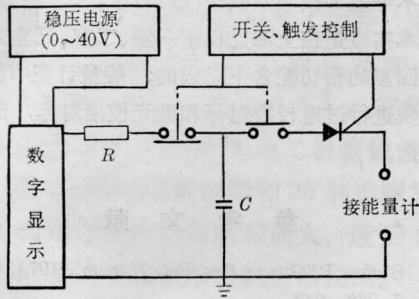


图3 电定标原理图

由于可控硅的导通电阻不是一个常量,为了提高定标精度,我们对可控硅的伏安特性进行了精确的测量,使得在测量范围内伏安特性曲线误差 $<1\%$ 。

2. 性能参数测试

定标器输入能量计的电能从20微焦耳增加到520毫焦耳时,其输出线性关系曲线如图4所示,重复测量可算出线性度和重复性精度。图5为给定输入能量(8.32毫焦耳)、输出电势随时间变化的归一化响应曲线。

一个好的能量计除了要求灵敏度高、快速响应外,还要求其接收面均匀响应。为此我们在1.06微米激光器件上用 $\phi 2.5$ 毫米的光束打在如图6所示接收面的不同位置上(另一能量计监测器件输出总能量),实测了面响应均匀性。

能量计的性能参数列于表1。

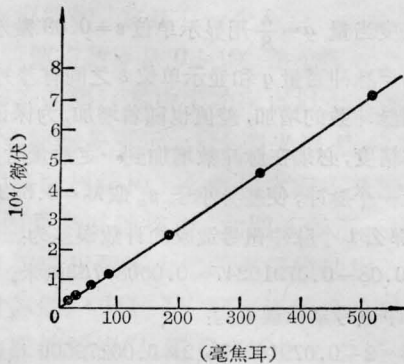


图4 线性关系曲线

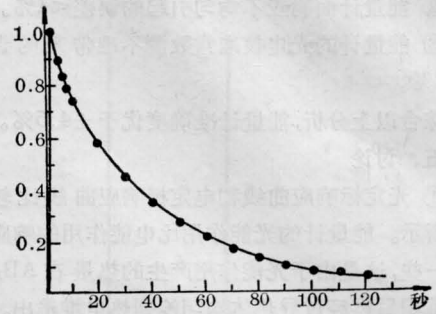


图5 归一化响应曲线

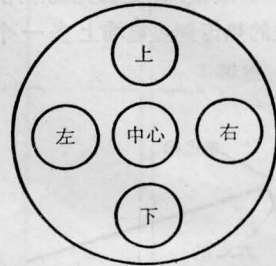


图6 面均匀性测试图

表1 能量计的性能参数

灵敏度(微伏/焦耳)	优于 13500
测量范围(毫焦耳)	0.02~500
测量重复性	优于 $\pm 1.5\%$
工作波段(微米)	0.3~10.0
面响应不均匀率	$< \pm 1.0\%$
光电不等效率	$< \pm 1.5\%$
响应时间(秒)	2.0
冷却常数(秒 ⁻¹)	0.0196
准确度	优于 4.5%

四、误差分析

1. 电定标误差

$$\text{由(1)式得 } \frac{dE}{E} = \left| \frac{dc}{c} \right| + 2 \left| \frac{dV}{V} \right|$$

其中 $\left| \frac{dc}{c} \right| \leq 1\%$; $\left| \frac{dV}{V} \right| \leq 0.1\%$ 。另外,可控硅伏安特性曲线测量误差 $<1\%$,所以电定标误差 $<2.5\%$ 。

2. 测量误差

① 接收面 AB_{10} 玻璃对不同波长的反射比测不准误差 $<0.2\%$ 。

② 能量计面响应不均匀引起的误差 $<1\%$ 。

③ 能量计的光电校准常数测不准带来的误差 $<0.2\%$ 。

综合以上分析,能量计准确度优于 $\pm 4.5\%$ 。

五、讨论

① 光定标响应曲线和电定标响应曲线比较如图7所示。能量计的光能作用比电能作用的响应时间长一些,这是由于光能作用产生的热量在 AB_{10} 玻璃中沉积后再经过导热体均匀传到热电堆输出。而电能作用产生的热量在导热体上均匀传到热电堆的同时也传给 AB_{10} 玻璃,即是说光能作用产生的热比电能作用产生的热传到热电堆上多一个非热导过程。

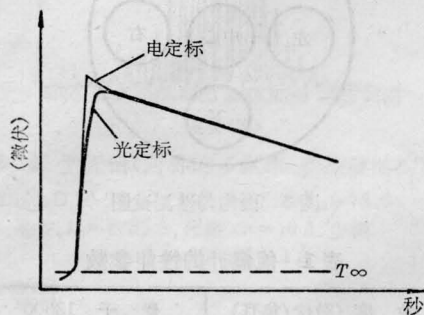


图7 光电响应曲线比较

② 电定标和光定标要达到等效,可以采用薄的 AB_{10} 玻璃或增加导热体的厚度,但吸收体 AB_{10} 玻璃太薄,不但加工困难,而且会造成面响应不均匀。导热体加厚可以得到横向均匀分布的温度场,但太厚会导致灵敏度下降。这些在设计制作能量计时都必须注意。其实光电等效与否不必太苛刻,只要把不等效的校准系数测准就行了。

本实验是在上海光机所一室、二室、三室六路靶场及四室的密切配合下完成的;能量计在中国计量科学院进行过电校准对标和激光校准对标,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Stuart R. Gunn; *Rev. Sci. Instrum.*, 1974, **45**, No. 7, 936~943.
- [2] D. L. Franzen, L. B. Schmidt; *Appl. Opt.*, 1976, **15**, No. 2, 3115.
- [3] R. L. Smith *et al.*; *IEEE T*, 1972, **IM-21**, No. 4, 434.
- [4] G. E. Chamberlain *et al.*; *IEEE T*, 1978, **IM-27**, No. 1, 81.
- [5] LLL. Report, UCID-17308, 1976.

(中国科学院上海光机所 林康春 张洪林

刘健 周复正 1982年5月5日收稿)

用于激光干涉测长系统的拨码修正法

Abstract: The article introduces the formula and the method which work out the practical number table as the revision of circumstance for the laser interferometric length measurement system, it is useful to improve the efficiency of the instrument.

一、计数脉冲有理化

在标准大气条件下($P_0=760$ 托, $t=20^\circ\text{C}$, $f=10$ 托), He-Ne 激光波长 $\lambda_s = \frac{\lambda_0}{n_s}$, 其中 λ_0 是真空中激光波长, n_s 是空气折射率。当采用基本型干涉系统和电器四倍频时, 它的脉冲当量 $q = \frac{\lambda_s}{8}$ 。取实用显示单位 $\varepsilon=0.08$ 微米, 这样 ε 和 q 有差值就造成计算误差。为了保证一定的计算精度, 必须按一定规律扣补脉冲, 称为计数脉冲有理化。

二、迭代系数的确定法

计数脉冲有理化的方法, 就是将每个电脉冲讯

号的长度当量 $q = \frac{\lambda}{8}$ 用显示单位 $\varepsilon=0.08$ 微米来代替。由于脉冲当量 q 和显示单位 ε 之间有差异, 所以随着脉冲数的增加, 差值也随着增加, 为保证一定的计算精度, 必须在脉冲数增加到一定数量时, 扣去或补上一个脉冲, 使差异小于 ε 。取 $\lambda_0=0.63299142$ 微米, 那么1个脉冲讯号造成的计数误差为:

$$0.08 - 0.07910247 = 0.00089753 \text{ 微米};$$

2个脉冲讯号累积误差为:

$$0.08 \times 2 - 0.07910247 \times 2 = 0.00179506 \text{ 微米};$$

89个脉冲讯号累积误差为: