

光辐射探测器中用的一种高灵敏度温度传感器

王瑞华

(中国科学院上海光学精密机械所, 上海)

摘要: 在光辐射探测器中, 采用了一种高灵敏度的半导体热电组件探测灵敏元的温度变化。每对元件的温差电动势率达 $380\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, 比金属丝热电偶的灵敏度提高10倍。这种热电组件已成功地应用在激光能量计中。

A high sensitivity temperature transducer used in an optical radiation detector

Wang Ruihua

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: A high sensitivity semiconductor thermoelectric module is used in an optical radiation detector to detect temperature changes of the sensor. The module has a sensitivity near $380\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ per pair of thermoelements, being ten times as high as the voltage output per pair of thermoelements of the metal-wire thermopiles. The thermoelectric module has been applied successfully in all types of laser energy metres.

一、前 言

在光热型光辐射探测器中, 通常都采用金属丝热电偶, 如铜-康铜、镍-铬、镍铬-康铜、

参 考 文 献

- [1] Bilenchi R, Gianinoni I, Musci M. J A P, 1982; 53 (9); 6479
- [2] Taniguchi M, Hirose M, Osaka Y. J Grystal Growth, 1988; 45; 126
- [3] Barna A *et al.* Phys Stat Sol (A), 1977; 41; 81
- [4] 陈钰清, 袁加勇, 赵方毅 *et al.* 激光与红外, 1987; 17 (12); 29
- [5] Smith Jr J E, Brodsky M H, Crowder B L. Phys Rev Lett, 1971; 26 (11); 642
- [6] 毛友德. 非晶态半导体. 上海: 上海交通大学出版社, 1986

作者简介: 袁加勇, 男, 1940年5月出生。副教授, 教务处副处长。从事激光技术研究。

收稿日期: 1990年6月5日。 收到修改稿日期: 1991年1月29日。

镍铬-考铜等，测量灵敏元的温度变化。这种热电偶的线性好，又稳定，但是灵敏度低，焊接工艺复杂，尤其是多对串联，更是不易制作。

现采用一种高灵敏度碲化铋和铋化铋及其固溶体组成的珀尔帖冷却电元件，代替金属丝热电偶来探测灵敏元的温度变化，每对元件的温差电动势率达 $380\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。实践证明，这种元件可以作为测量温差的高灵敏度温度传感器，用于激光辐射探测器中。它的优点是：(1)灵敏度高，每对元件的温差电动势率是金属丝的10倍（如铜-康铜热电偶的温差电动势率为 $40\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 左右）；(2)电阻低，对于几十对串联的组件，电阻只有 $2\sim 3\Omega$ ，从而可以减轻对放大器的苛求；(3)制作工艺简单，只要选择合适的组件，简单地贴在所需的位置上。这种组件现已成功地应用在激光能量计中。

二、半导体温差电元件及性质

当一块N型半导体和一块P型半导体组成电偶对时，如果两端的温度不同，就产生温差电动势。这种半导体温差电现象，最初是根据珀尔帖效应原理，用于半导体制冷器上。

温差电半导体的种类很多，如 PbTe 、 $\text{ZnSb}\cdot\text{Si-Ge}$ 、 AgSbTe 以及一些II-V族、II-IV族、V-III族的化合物和固溶体。而碲化铋以及以碲化铋为基的固溶体结构为大方晶体的辉碲铋矿型。铋碲原子分层排列，沿解理面和垂直解理面的两向电学和热学性质有很强烈的差异，所以，目前采用了以 $\text{Bi}_2\text{Te}_3\sim\text{Sb}_2\text{Te}_3$ （P型）和 $\text{Bi}_2\text{Te}_3\sim\text{Bi}_2\text{Se}_3$ （N型）组成电偶对。

半导体温差电元件的主要物理性质有：电导率、温差电动势率和热导率。

电导率是描绘自由电子或空穴通过晶格难易程度的一个物理量。一般以一已知电流通过样品，求其电压降求得。其值为 $\sigma = I \cdot L / \Delta V \cdot S$ ($\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)，式中， I 为通过样品的电流强度； L 为样品长度； ΔV 为样品两端的电压降； S 为与电流流过方向垂直的样品截面积。上述元件的电导率为 $800\sim 1200\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

温差电动势率是指1度温差所产生的电动势。通常是将样品放在两个不同温度的极板间，测量在此温差下产生的电动势来求得。其值用 $\alpha = \Delta E / \Delta T$ ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)表示，式中， ΔE 为两极板间在温差 ΔT 时产生的电动势。铋碲元件的温差电动势率为 $190\sim 230\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。

热导率通常采用比较法测量。其值 K 约为 $16\sim 18\text{mW}/^\circ\text{C} \cdot \text{cm}$ 。

三、半导体热电组件及其性能测试

半导体热电组件是由若干对P-N型半导体元件串联而成，形状如图1所示。在光辐射探测器中用了5种规格： $1^2 \times 1.3 - 4 \times 4 - 7$ ； $1^2 \times 3 - 16 \times 16 - 31$ ； $1^2 \times 4 - 25 \times 25 - 31$ ； $1^2 \times$

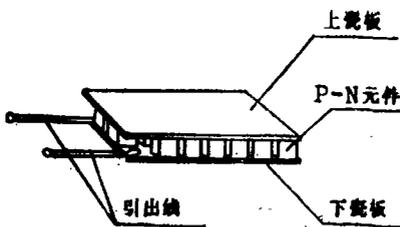


图1 半导体热电组件

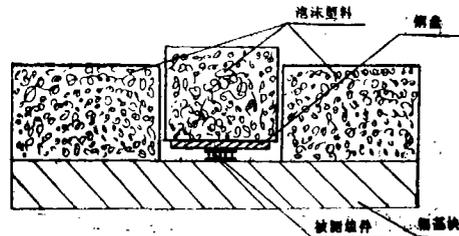


图2 测量组件性能的实验装置

5-25×25-31, 1²×3-40×40-127。用图2所示的装置测量组件的灵敏度和热传导性能。被测的组件放在大质量的铝块(350×300×30mm)和铜板(60×60×3mm)之间,铜板上绕有电加热丝,与被测组件相接触的表面涂有1*导热硅脂。铜-康铜热电偶的一个结粘在铜板上,另一个结粘在铝基块上。铜板和铝基块表面用隔热的泡沫塑料覆盖,同时用恒温器控制其温度恒定。

当铜板上的加热丝通电流时,在恒定的功率 P_1 时,便会产生一稳态温差 ΔT ,测出热电偶的输出热电势 ΔE 。用该输出 ΔE 除以温差 ΔT ,就得到组件的灵敏度($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)。然后去掉热电组件,使铜板从铝块上升高同一距离时,再通电流使之产生同一温差,测量所需功率 P_2 ,两次功率之差($P_1 - P_2$)除以温差 ΔT ,就得到组件的热传导($\text{W}/^\circ\text{C}$)。

不同型号的组件的热特性如表1所示,所有组件给出的灵敏度都接近每对元件 $380\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。这种简易的装置也可测量激光辐射探测器中的吸收体、热垫体、热传导油脂和其它材料的热传导率。

表1 热电组件的特性

型 号	元件高度(mm)	对数	灵敏度($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	热传导($\text{W}/^\circ\text{C}$)
1 ² ×1.3-4×4	1.3	7	2670	0.016
1 ² ×3-16×16	3.0	31	11800	0.017
1 ² ×4-25×25	4.0	31	11890	0.019
1 ² ×5-25×25	5.0	31	11910	0.018
1 ² ×3-40×40	3.0	127	48200	0.021

四、高灵敏度半导体热电组件在激光能量计中的应用

已将上述不同规格的热电组件,成功地应用在JK系列体吸收激光能量计中^[1,2]。该系列能量计包括JK-20, JK-40, JK-60, JK-80, JK-100五种型号。照片如图3所示。它们的主要性能如表2所列。其中的JK-80能量计是国家科技“六五”攻关项目,1986年通过了国家科委组织的技术鉴定,并获1988年度上海市科技进步奖。该能量计经中国计量科学研究院鉴定测试,其重复性为 $\pm 0.4\%$;非线性 $\pm 0.15\%$;与国家标准B型能量计的 量值 比对为 $\pm 0.4\%$ 。表3示出JK-80能量计与美国阿波罗激光公司(Apollo Laser Inc.)的同类能量计

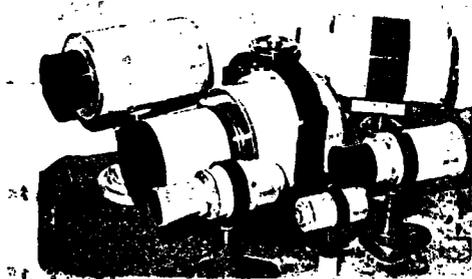


图3 JK系列激光能量计

A LC 型体吸收能量计的性能比较。由于我们采用了自动热平衡补偿技术,不仅加速了热平衡,缩短了测量周期,而且大大减小了能量计的零漂移,这是 JK 系列能量计的独到之处。

目前,JK系列能量计已广泛地应用在高功率钕玻璃激光系统、准分子激光器以及 YAG 等各类激光器的能量测量中,经多年使用证明,测试性能稳定、可靠,使用方便。

表2 JK系列能量计主要性能

型 号	JK-20	JK-40	JK-60	JK-80	JK-100
开口直径(mm)	20	40	60	80	100
光谱响应(μm)	0.2~12.5				
灵敏度(标称值)(mV/J)	10	5	2	1	0.5
峰值功率密度(W/cm ²)	10 ⁹				
最大能量密度(J/cm ²)	30J/cm ² (ms脉冲); 5J/cm ² (ns脉冲)				
最大脉冲能量(J)	15	50	100	200	300
显示仪器	数字直读; 峰值保持; 零点自动热平衡补偿; 复零时间1min				
不确定度(%)	< $\pm 5\%$				

表3 JK-80能量计与美国ALC同类能量计的比较

型 号	JK-80(中国, 上海)	ALC-50 (USA, Apollo Laser Inc.)
口 径(mm)	80	50
光谱响应(μm)	0.2~12.5	0.3~1.2
灵敏度(mV/J)	1.0	0.5
最大脉冲能量(J)	200	100
最大脉冲能量密度(J/cm ²)	30(ms脉冲); 5(ns脉冲)	7(ns脉冲)
最大功率密度(W/cm ²)	10 ⁹ (目前器件在此水平)	10 ¹¹
面响应均匀性(%)	± 1.4	± 2.6
显示仪表	3 1/2位数字显示; 直读焦耳数; 有峰值保持; 自动复零。	2 1/2位数字直读; 直读焦耳数; 有峰值保持; 手动复零。
优 缺 点	优点: 自动复零; 既加速热平衡, 缩短测量周期, 又减小零漂移。	缺点: 手动复零; 只加速热平衡, 缩短测量周期, 不减小零漂移。

参 考 文 献

- [1] 王瑞华, 黄关龙, 王剑雄 *et al.* 自动平衡补偿的大口径激光能量计. 激光与红外, 1987; 17 (11): 23
- [2] 王瑞华, 黄关龙, 王剑雄 *et al.* JK-80 大口径激光能量计. 中国激光, 1988; 15 (8): 500

战术激光武器的发展

杨培根

(北方科技信息研究所, 北京)

摘要: 本文评述近年来国外战术激光武器的发展。

Developments of tactical laser weapons

Yan Peigen

(North Institute of Science-Technical Information)

Abstract: Recent developments of tactical laser weapons are reviewed in detail.

近年来, 定向能武器技术取得了长足的进步。战术激光武器、微波武器等定向能武器对飞机、坦克等目标的软杀伤功能, 正逐渐被人们认识和接受。预计随着定向能武器的问世和应用, 不久的将来就会出现使人或军用光电设备致盲、丧失功能, 从而使武器系统瘫痪的新战术。美国陆军在2000年空地一体作战理论及其作战功能方案中, 已经正式写入定向能武器的基本概念。美国陆军训练与条令司令部的专门机构, 正在研究战术激光武器等在空地一体作战中的作用及其对21世纪战场、作战条例的可能的影响, 并认真探讨适应这类武器的部队编成。

根据目前定向能武器技术的发展进行分析, 战术激光武器技术发展最快, 最为成熟, 战术激光武器可能将成为部队最先装备的定向能武器。目前, 以敌人士兵的眼睛、军用光电设备为目标的、可以实现软杀伤的战术激光武器已经在国外问世, 很快就可以装备部队。本文就国外战术激光武器的进展情况及发展趋势进行简要介绍和分析。

一、战术激光武器发展现状

在战术激光武器领域, 美国和苏联一直居于领先地位。到目前为止, 美国已经研制了手持、车载和机载的战术激光武器。苏联则研制了车载、舰载战术激光武器。英国和联邦德国也取得了相当的进展。

作者简介: 王瑞华, 女, 1941年12月22日出生。工程师。现从事激光功率和能量的测试研究以及大型激光系统的光路自动准直工作。

收稿日期: 1990年4月28日。