

炉内退火(退火温度为460~500°C),再逐渐降温直至室温。封接过程时间短、操作方便,容易掌握。

3. 为了检验封接后的真空密封质量,我们用6104型氦质谱探漏仪于1981年和1983年对封接的试验管进行了检漏测试。其测试结果见下表:

| 次数 | 测试时间 | 试验管件数 | 漏率(Torr·l/s) |
|----|---------|-------|----------------------|
| 1 | 1981年8月 | 10 | $<6 \times 10^{-10}$ |
| 2 | 1983年5月 | 3* | $<5 \times 10^{-10}$ |

* 第二次测试是从第一次测试的10件中抽测3件的结果。

检漏结果表明,这种封接的真空密封性是令人

满意的,可以保证气体激光器的长寿命工作。

此外还进行了热冲击、抗振动、抗冲击和抗湿度等诸项特性的测试。测试结果如下:

- (1) 湿度 0~100%
- (2) 冲击加速度 150g
- (3) 冲击力 50kg
- (4) 振动 5g(10~100 Hz)
- (5) 热冲击 $0 \rightleftharpoons 100^\circ\text{C}$

与国内外研究低熔点玻璃封接技术新发表的资料比较,可见,高温玻璃直接密封技术的各项指标均更优越。

(收稿日期:1987年5月15日)

高灵敏度宽波段激光功率计比率计系统

张宝茹 沈仲吉 郭正强 王宁一 于靖 杨洁

(中国计量科学研究院)

High sensitivity and broadband laser power ratiometer system

Zhang Baoru, Shen Zhongji, Guo Zhengqiang, Wang Ningyi, Yu Jing, Yang Jie

(National Institute of Metrology, Beijing)

Abstract: PR-1 laser power ratiometer system is reported which is based on a cavity pyroelectric detector and a silicon photodiode, and the overall structure and the circuitry design of the instrument are described.

一、引言

PR-1型激光功率计/比率计是在热释电功率计与光电型功率计的基础上发展的一种单元组合式、多探头、多功能的激光测试仪器。它灵敏度高,光谱范围宽,兼备热敏型与光敏型两类仪器的优点。与同类仪器比较,PR-1型功率计附加设计了一个简易的准光管,用于调整光路,减少了响应的不均匀性对功率测量的影响,另外仪器引进了微处理器控制,实现了自动转换量程及自动扣除背景。

二、总体结构设计

典型接收面积为 1cm^2 ,在 $0.25\sim 16\mu\text{m}$ 波长范围内,分辨率为 10^{-7}W ,在 $0.3\sim 1.1\mu\text{m}$ 波段,分辨

率为 10^{-12}W ,测量上限为 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 。

功率计系统采用了如图1的总体方案。功率计有两种类型的探头:热释电探头与硅光电二极管探头,并对热释电探头配备有双通道,采用单通道工作时,可作功率测量,采用双通道工作方式,可作比率测量。当需要在 $0.25\sim 16\mu\text{m}$ 宽波段内进行测量时(分辨率 10^{-7}W),可选用热释电探测器。当需要在 632.8nm 以及 488.0nm , 514.5nm 测量微小功率时(分辨率为 10^{-12}W),可选用硅探头。

当采用双通道工作方式时,可作比率测量。作比率测量时,微处理器同时接收探头I与探头II的数据,并按照程序处理后作除法运算,对指数作减法运算,进行比率测量,比率测量范围从 $0.001\sim 99.99$ 。

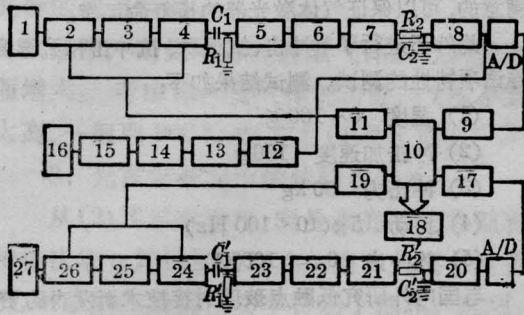


图1 功率计系统原理方框图

- 1, 27—热电探头 1, 2; 2, 15, 26—电流电压转换器; 3, 25—带通滤波器; 4, 24—比例放大器; 5, 8, 14, 20, 23—跟随器; 6, 22—校准器; 7, 21—解调器; 9, 11, 17, 19—输出接口 1, 2; 10—微处理器; 12—放大器; 14—标定电路; 16—硅探头; 18—显示器

另外, 如果需要测量光源或者激光器的辐照度, 可以用测辐照度的热释电头替换测功率的热释电头, 直接进行测量, 这样既可了解辐射源的功率大小, 又可了解源的功率分布。

功率计系统包括的几个主要部分简述如下:

1. 热释电探测器: 用空腔型热释电探测器, 见图2。探测器典型接收面积为 1cm^2 , 在 $0.25\sim 16\mu\text{m}$ 波长范围内, 分辨率为 10^{-7}W 。最大辐照度为 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 。

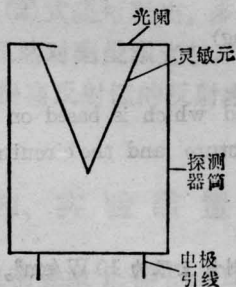


图2 探测器结构示意图

2. 调制器: 我们采用的是外调制方式, 调制频率为 $32\text{周}/\text{s}$, 占空比为 $1:1$ 与 $1:24$ 两种, 与调速-

稳速电路配合, 调制器转速的稳定性可优于 0.2% 。

3. 衰减器: PR-1型激光功率计, 热释电部分可以测量的功率上限为 $10\text{W}/\text{cm}^2$, 如果要测量超过 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 的功率或辐照度, 需要对辐射进行衰减。对硅光电二极管部分, 在 $10^{-3}\sim 10^{-2}\text{W}$ 的测量中也要加以衰减。

功率计采用了两种衰减方式: 中性玻璃片衰减与调制器衰减。

当使用硅探头测量 $1\times 10^{-3}\text{W}\sim 10^{-2}\text{W}$ 时, 可以加进中性玻璃衰减片, 衰减片的衰减率经测量确定。

当使用热释电探头测量 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 以上功率或辐照度时, 可以用占空比为 $1:24$ 的调制器进行衰减。设计调制器时, 是将 $1:1$ 与 $1:24$ 的孔安排在同一叶片上, 当需要调制衰减时, 不用更换调制器, 也无需更换叶片, 只要将同一调制器作少许横向移动, 换一个通光孔就可以了。

三、电路设计

1. 热释电信号检测电路: 根据热释电探测器的高内阻及用调制技术得到连续输出信号的特点, 在信号检测电路中可以用电流-电压转换器、选频放大器、同步解调器组合成一个信号检测电路, 以得到高的分辨率。电路如图3所示。

图中继电器 K_1, K_2, K_3, K_4 控制仪器量程。信号检测电路除实现信号转换、放大、调整量程等功能外, 主要是提高被测信号的信噪比。对图3中的电路进行噪声分析表明, 输出端信噪比与输入端相比, 信噪比提高了 $2\pi(2f_H/4f_0)^{1/2}$ 倍。当选用 $f_H=700\text{Hz}$ 的电流-电压转换器, $4f_0=3.4\text{Hz}$ 的带通滤波器, 用所研究的热释电可以实现 10^{-7}W 的分辨率。

2. 控制电路: 仪器采用微处理器进行数据处理与完成所需要的功能。中央处理器为 Z-80 芯片。并行接口芯片 PIO 直接与 A/D 转换器相接, 如图4所示。

A/D 为一扫描输出型 $3^{1/2}$ 位模拟数字转换

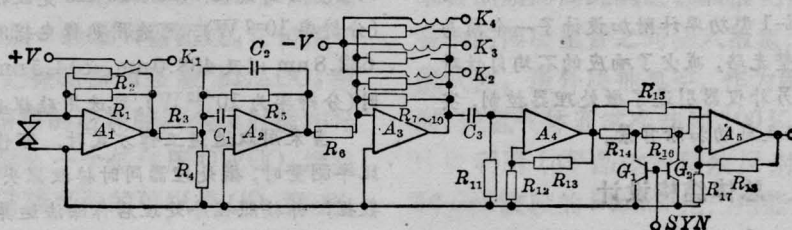


图3 信号检测电路

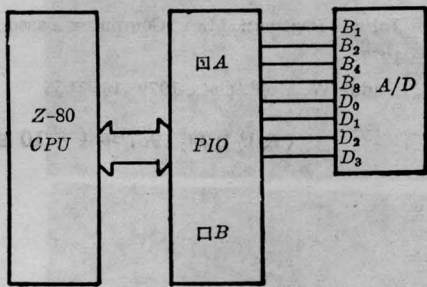


图4 Z-80CPU 接口电路

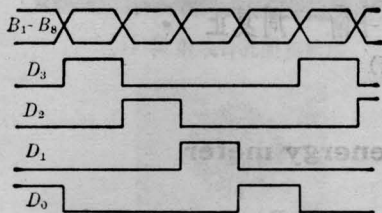


图5 A/D 输出方式

器。输出方式如图5所示。

仪器以程序控制完成扫描输入, 以避免 A/D 与 PIO 间连接的过渡电路。A/D 转换器的数据线 B₁、B₂、B₄、B₈ 接 PIO 芯片 A 口的低四位。A/D 转换器的位选输出信号接同一口的高四位。考虑到微处理器对 A/D 转换器输出数据取数时有可能在数据有效期间的边缘取数, 程序设置了两次取数比较判别法, 对同一数位两次取数一致, 则认为正确, 否则舍去重新取数。

3. 硅光电二极管高灵敏度激光功率计电路

(1) 系统结构

硅光电二极管激光功率计在本仪器中要解决测量的高灵敏度问题, 其测量上限为 10mW, 下限为 10⁻⁹W, 分辨率为 10⁻¹²W。其系统结构如图6所示。

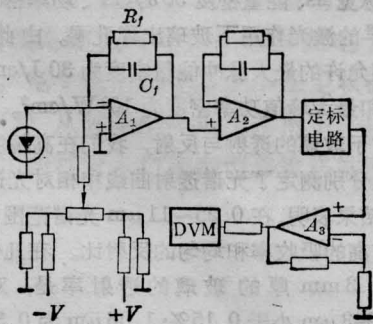


图6 硅光电二极管测试原理图

(2) 设计原理

为达到测量范围和分辨率的要求, 要考虑下述两个问题。

A) 测量线性

硅光电二极管响应的线性为:

$$P = \frac{R_S + R_L}{R_f} e^{40I_L(R_S + R_L)}$$

式中 P 为线性偏差, R_S 、 R_d 分别为硅光电二极管的串联电阻和动态并联电阻; R_L 和 I_L 为负载电阻和电流。由此式可见, 要保证测量的线性必须选用 R_L 小、 R_d 大的硅光电二极管, 而且负载电阻和辐照功率不可太大, 本仪器中采用的硅光电二极管型号是 UV-444B, 其 R_S 大约为 10Ω, R_d 约为 10MΩ, 直接入射到接收二极管上的激光功率小于 1mW, 对应 632.8nm 激光而言相应 I_L 小于 1mA。因线路中 A₁ 放大器为电流-电压转换器, 其输入阻抗为

$$R_{in} = \frac{R_f}{1 + A_0}$$

A_0 为运放的开环放大倍数, A_0 一般在 10⁶~10⁷。当 R_f 不大时, R_{in} 很小, 可趋近零欧姆; 当微小功率测量时 R_f 较大, 虽 R_{in} 不再看作零欧姆, 但此时 I_L 值很小, 故响应线性仍然很高。当激光功率比较高时, I_L 较大, 故线性变差。因此本仪器在测量大于 1mW 以上的激光功率时, 要加中性滤光片或毛玻璃加以保护。

B) 降低线路噪声, 扩展量程, 保持零点稳定。

影响测量下限的主要因素是硅光电二极管和前级运算放大器的噪声和温漂。根据计算可知, 选用 UV-444B 硅光电二极管和 ICL7650 运算放大器, 当测量带宽为 10Hz, 反馈电阻 R_f 为 10⁴MΩ 时, 测量 10⁻¹⁰W 激光功率, 信噪比大于 100, 即探测分辨率可做到 10⁻¹²W。实践表明, 对信噪比影响最大的因素不是器件本身的噪声和温漂, 通过空间进入电路的电磁感应影响和通过电源进入电路的干扰及漏电流随环境温度湿度的变化的影响通常是主要的因素。因此, 在电路工艺设计中, 对近电场近磁场采取分别屏蔽方式, 供电电源采用二次稳压技术来消除干扰信号影响。对于漏电流影响, 除了使输入级远离高电位引线外, 采用绝缘涂层覆盖整个前放电路, 使得残存的漏电流与环境条件无关, 因而可用调零电路消除。对于运算放大器的温漂, 前两级电路分别设计为具有不同方向的温漂形式, 使总温漂输出减小。此外, 对调零电路的调整范围和滤波电路的分布也做了相应考虑, 这样总噪声和温漂输出接近器件本身决定的极限要求。即接近理论计算的结果。

通过多次测量观察,对于 10^{-9} W档(分辨率为 10^{-12} W),零点可长期稳定。

参 考 文 献

- 1 Hamilton C A *et al.* NBS Tech. Note, 678
- 2 Doyle W M *et al.* *Opt. Engineering*, 1976; 15(6):

548

- 3 John B Peatman. *Micro Computer Based Design*, 1977
- 4 Budde W. *Appl. Opt.*, 1979; 18: 1555

(收稿日期:1987年4月10日)

JK-80 大口径激光能量计

王瑞华 黄关龙 王剑雄 庄斗南 周复正

(中国科学院上海光机所)

JK-80 large aperture laser energy meter

Wang Ruihua, Huang Guanlong, Wang Jianxiong, Zhuang Dounan, Zhou Fuzheng

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

Abstract: JM-80 large aperture laser energy meter has been developed. Automatic thermal balance compensation technique is adopted and the restoring zero time has been reduced from 15 minutes to less than one minute. Digital readout is used for energy display and peak value is kept. With electrical heating calibration, absolute measurement accuracy is better than $\pm 5\%$.

一、前 言

JK-80大口径激光能量计是国家科技“六五”攻关项目,1986年12月通过了技术鉴定,为国内测量百焦耳以上,功率密度达 10^9 W/cm²的大口径脉冲激光束能量,提供了一个新的测试仪器。

大口径激光能量计主要由两部分组成:JK-80能量计探头和JK数字能量表。探头用来接收激光辐射;数字能量表用来直接显示激光能量值。

大口径激光能量计的突出优点是:由于采用了玻璃体吸收器,因此具有较高的抗破坏能力;由于采用了双盘对称结构和自补偿电路,实现了零点自动热平衡补偿,减小了漂移,缩短了测量周期;又由于采用了成型的半导体热电阻件,提高了灵敏度,简化了制作工艺;因为采用了数字直读显示和峰值永久保持,使用简单、方便、可靠。

二、能量计探头

探头的核心部件是吸收体,选择的吸收体应满足:1)有高的抗破坏能力;2)有宽、而平坦的光谱响

应区。

早期的面吸收型锥能量计由于锥顶聚光或吸收表面温升 $\Delta T \propto \Delta t^{-1/2}$ (Δt 为脉冲宽度),致使这类能量计在高功率脉冲激光作用下容易损坏,避免吸收体遭破坏最有效的途径是采用体吸收。我们选择玻璃作为吸收体。

在ms和ns脉冲钕玻璃激光器上,测试研究了玻璃的破坏情况。结果发现,在脉宽ms、能量密度 35 J/cm²的脉冲激光作用下玻璃出现破坏痕迹;在脉宽ns、能量密度 30 J/cm²、功率密度为 10^{10} W/cm²的激光作用下玻璃出现孔洞。由此可以得出玻璃允许的最大脉冲能量密度为 30 J/cm²(ms脉冲下)和最大峰值功率密度为 10^9 W/cm²。

对于玻璃的透射与反射,我们在高精度分光光度计上分别测定了光谱透射曲线和相对光谱反射比曲线。结果表明,在 $0.25 \sim 11$ μ m光谱范围内,AB10玻璃有高的吸收率和均匀的反射比。在几个特定波长下 1.3 mm厚的玻璃的透射率是:对 0.6328 和 0.6943 μ m小于 0.15% ; 1.06 μ m为 0.3% ; 10.6 μ m为 0.03% 。实测镜反射时, 0.6328 μ m为 4.3% ;