

· 电路与控制 ·

热释电探测器外电路的抗干扰设计

张海庄, 胡维星, 王海涛, 邹永杰, 刘 虎

(63889 部队, 河南 孟州 454750)

摘 要:通过对激光光斑测量热释电探测器外电路的研究, 结合热释电探测器的工作原理, 深入分析了出现干扰的原因, 并设计出热释电探测器的抗干扰外电路. 试验验证了该电路既可以减少光热电转换中的干扰, 又能够提高信号输出幅度和信噪比, 从而提高了系统的测量精度.

关键词:热释电探测器; 激光光斑; 光热电转换; 自发极化

中图分类号: TN37

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)05-0044-03

Anti-jamming Design for External Circuit of Pyroelectric Detector

ZHANG Hai-zhuang, HU Wei-xing, WANG Hai-tao, ZOU Yong-jie, LIU Hu

(63889 Army Unit, Mengzhou 454750, China)

Abstract: By researching external circuit of pyroelectric detector in a laser spot measurement system, combining the operating principle of pyroelectric detector, the factors interfering the measurement system were analyzed and an anti-jamming external circuit of the pyroelectric detector was designed. The test shows that this circuit can reduce the optical interference in thermoelectric conversion, and increase the signal output amplitude and signal to noise ratio. The measurement accuracy of this system is improved.

Key words: pyroelectric detector; laser spot; light thermoelectric conversion; spontaneous polarization

激光光束质量检测对激光器及其应用具有重要意义^[1]. 从 20 世纪 80 年代起, 国外就积极开展激光光束质量测量的研究工作. 文中针对激光光斑测量中的干扰现象, 通过分析产生干扰的原因, 改进了热释电探测器外电路设计, 减少光热电转换中的干扰, 从而提高了激光光束质量检测精度.

1 热释电探测器的工作原理

激光光斑检测是光学测量中常用的关键技术^[2], 当前光斑测量中所用探测器多数都是高灵敏度的热释电探测器, 它是由碳酸锂(LiTaO₃)材料制成. 碳酸锂(LiTaO₃)探测器是利用晶体的自极化效应工作的, 它是具有特别高阻抗的容性器件. 热释电探测器具有热电效应, 其在无外部机械力或电场的

作用下, 碳酸锂晶体的自发极化强度 P_B 随温度变化而改变, 其计算公式为式(1), 当温度发生变化时, 晶体表面的电荷变化量 $d\theta$ 与温度变化量 dT 有关, 计算公式为式(2).

$$p(T) = \frac{dP_B(T)}{dT} \quad (1)$$

$$d\theta = A \cdot p(T) dT \quad (2)$$

在探测器灵敏面受到激光照射时, 会使其晶片的温度发生变化, 因而产生电荷流动, 外电路闭合便形成热电流. 探测器的热过程, 在简化情况下, 可用热容进行模拟, 热容的热降与热阻有关, 其等效电路如图 1 所示.

探测器晶片温度在受到辐射时, 其变化计算公式为

$$T(t) = 1 - \exp(-t/\tau_{th}) \quad (3)$$

收稿日期: 2009-07-04

作者简介: 张海庄(1979-), 男, 黑龙江人, 工程师, 研究方向为光电工程.

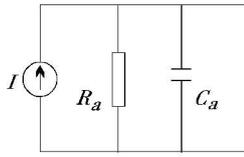


图 1 热释电探测器等效电路

式中, τ_{th} 为探测器热时间常数; t 为光热电转换响应时间, 当 t 远大于热时间常数 τ_{th} 时, 测量信号趋于 0, 因为温度不再发生变化. 所以, 热释电探测器的外电路设计直接影响着光热电转换的响应时间和信号输出.

2 热释电探测器外电路干扰原因分析

根据不同的应用, 采用热释电探测器的外电路有所不同. 热释电探测器在激光光斑测量中的主要应用是, 热释电探测器接收照射到其表面的光信号, 经光热电转换将光能量转换成电信号, 并经增益放大得到光能量所对应的电压值, 再经峰值保持、A/D 转换采集和总控处理得到相应的能量密度.

一个热释电探测器外电路采用的是差分式放大电路^[3], 如图 2 所示.

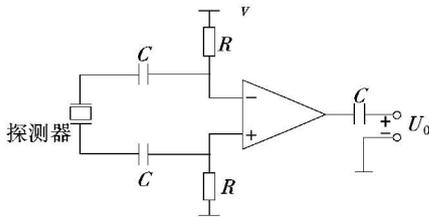


图 2 热释电探测器差分放大电路

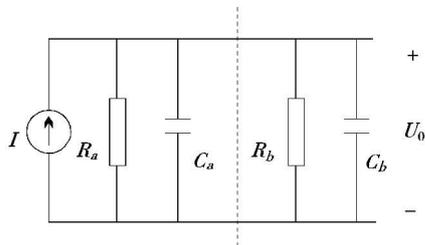


图 3 差分放大电路等效电路

由热释电探测器等效电路可将图 2 电路等效化为图 3 所示电路. R_a 、 C_a 为探测器的固有电阻和电容. R_b 、 C_b 为放大器的输入电阻和电容. 此电路光热电转换响应时间 $t = R_b C_a$, 通过减小 R_b , 可以减小探测器的光热电转换响应时间, 但将导致热释电

探测器的输出电压 U_0 降低, 从而致使信号输出的幅度和信噪比降低, 所以探测器单元输出的信号存在一定的干扰. 由此可见, 该电路的设计既要考虑探测器的光热电转换响应时间, 又要保证输出信号的幅度.

3 热释电探测器外电路抗干扰设计与实现

3.1 热释电探测器外电路抗干扰设计

在放大器的输入端接入满足响应时间的电阻 R_d , 以满足光热电转换的响应时间, 利用戴维南定理, 将等效电流源变为等效电压源, 结合上面的热释电探测器等效电路, 可以得到图 4 的等效电路. 可在放大器的输入与输出之间接入反馈电阻 R_f , 以提高信号输出的幅度, 电路如图 5 所示. 这个放大电路的闭环增益为 R_f/R_d , 输出信号 U_0 随着 R_f/R_d 的增大而增大, 所以该电路既能减小光热电转换响应时间, 又能提高信号输出幅度和信噪比. 从而可以消除探测器单元输出信号的干扰, 提高光斑测量系统的检测精度.

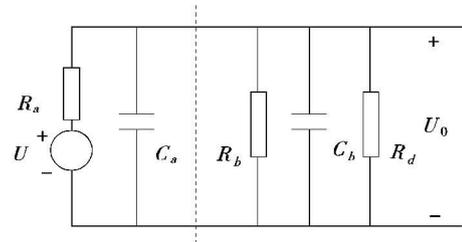


图 4 等效电压源电路

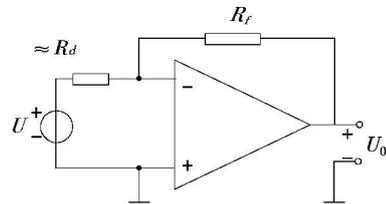


图 5 等效放大电路

根据以上分析, 热释电探测器外电路的实际设计可采用图 6 所示的放大电路,

该电路放大倍数为

$$A = \frac{R_f}{R_d} \tag{4}$$

探测的响应时间为

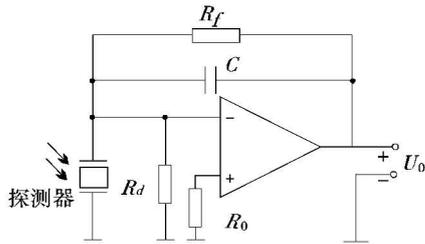


图 6 热释电探测器抗干扰电路

$$t = R_d C_a \quad (5)$$

式中, C_a 为探测器的固有电容, 探测器的响应时间可以通过 R_d 进行控制; 图 6 中, C 为放大器外接反馈电容, 作用是提高电路输出信号的信噪比和提升电路的抗干扰能力, 当然为防止电路产生自激振荡, C 值也不易过大; R_0 为平衡电阻。

3.2 热释电探测器外电路改进后试验验证

试验验证了改进效果, 试验采用高斯光束, 分别在改进前和改进后进行了光斑测量, 测得的光斑图像如图 7 和图 8 所示。

图像中大十字叉代表光斑形心位置, 小十字叉代表光斑的质心位置。通过 2 幅光斑图像的比较, 可以明显看出改进后所采集的光斑图像比较规则、清晰, 滤除了改进前的一些干扰, 而且图 8 的光斑图像形心与质心基本重合, 符合高斯光束的特点。试验证明, 此电路既能实现热释电探测器光热电转换的快速响应, 又能提高信号输出幅度和信噪比, 从而提高光斑测量系统的测量精度。

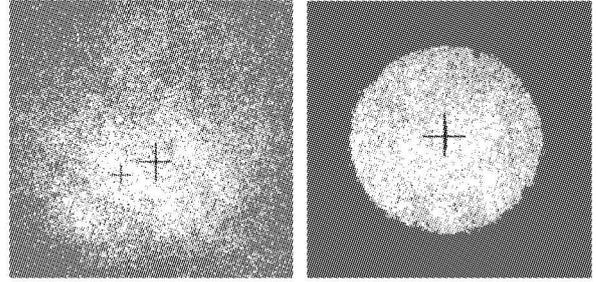


图 7 改进前光斑图像 图 8 改时光斑图像

4 结束语

针对激光光斑测量中出现的干扰现象, 对热释电探测器外电路进行了改进, 改进后的电路提高了信号输出幅度和信噪比, 从而提高了光束质量检测精度。

参考文献

(上接第 36 页)

- [9] Liu Yongdong, Wang Jia, Liang Jinwen. Research on the method of dynamic geometrical parameters measurement by laser tracking system[J]. Proceedings of SPIE - the international society for optical engineering, 1998, 3558: 65 - 73.
- [10] 刘欣丽, 张国雄, 李杏华. 激光跟踪测量系统中的光学误差分析[J]. 光学技术, 2004, 30(2): 245 - 247.
- [11] 刘万里, 王占奎, 曲兴华, 等. 激光跟踪测量系统跟踪转镜的误差分析[J]. 光学精密工程, 2008, 16(4): 585 - 590.
- [12] 申洋, 唐明文. 机载红外搜索跟踪系统(IRST)综述[J]. 红外技术, 2003, 25(1): 13 - 18.
- [13] 辛云宏, 杨万海. 基于红外辐射信息的 IRST 机动目标跟踪算法[J]. 红外技术, 2004, (5): 37 - 40.
- [14] 向卫军, 韩根甲. 基于模板匹配的目标跟踪算法在红外热成像跟踪技术上的应用[J]. 电子技术应用, 2003, (3): 12 - 14.
- [15] 秦暄, 章毓晋. 一种基于曲线拟合预测的红外目标的跟踪算法[J]. 红外技术, 2003, 25(4): 23 - 25.
- [16] 李熙莹, 倪国强. 红外图像的光流计算[J]. 光电工程, 2002, 31(3): 189 - 193.
- [17] 凌建国, 刘尔琦, 杨杰, 等. 基于滤波器的红外小目标运动预测和跟踪方法[J]. 红外与毫米波学报, 2005, 24(5): 366 - 369.
- [18] 程建, 周越. 基于粒子滤波的红外目标跟踪[J]. 红外与毫米波学报, 2006, 25(2): 113 - 117.
- [19] 姜晓君, 孔金生, 刘华普. 基于无线传感器网络的分布递阶信息融合算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(22): 147 - 149.