

脉冲激光微能量测量

周复正 甘柏辉 曾吉康 吴同洋 马述侃 于月华

(中国科学院上海光机所)

提要: 叙述了用热释电晶体测量脉冲激光能量原理, 研制了热释电激光微能量探测器。采用放大、同步触发门控电路、峰值保持器和数字显示等技术, 抑制了电磁场和其它干扰, 使探测器灵敏度较高, 最小可探测70毫微焦耳脉冲激光能量。

Measurement of microenergy of laser pulses

Zhou Fuzheng, Gan Baihui, Zeng Jikan, Wu Tongyang, Ma Shukan, Yu Yuehua

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

Abstract: In this paper the principle of measuring laser pulse energy with a pyroelectric detector is described, and a pyroelectric laser microenergy gauge has been developed. Using the techniques of amplification, peak-selection, digital display, synchronously triggered and gate-controlled circuit, electromagnetic and other interferences are suppressed. These make it more sensitive, and can measure laser pulse energy down to 70 nj.

一、热释电探测器测量激光原理

通常测量激光能量的锥形碳斗有两个明显的缺点^[1]: ① 激光在锥体内多次反射, 在锥尖形成等离子体, 使一部分激光能量反射和被转化。② 热电偶灵敏度低, 时间常数大, 当用于激光微弱能量测量时, 要接高放大倍数直流放大器。这就使能量计漂移大, 受环境温度、气流、杂散光等影响较大。

我们把热释电晶体作为热电转换元件, 在热释电晶体的表面上涂上全黑材料, 构成激光的面吸收方式。由于热释电晶体具有响应快、灵敏度高、室温工作、光谱范围宽和寿

命长等优点, 因此近年来, 国外也把它用于激光参数测量^[2]。

探测器的基本模型和等效电路如图1所示。探测激光能量原理如下。根据集总参数模型^[3], 脉冲宽度为 T 的激光入射在涂有黑体吸收层的热释电晶体上, 由于温升而产生的热释电电压为:

$$V(t) = Me^{-t/\tau_e} + e^{-t/\tau_e} \int_0^t \frac{A_0 \lambda}{C} e^{-t'/\tau_e} \frac{dT}{dt} dt.$$

式中 M 为积分常数; $\tau_e = RC$ 为电时间常数; A_0 为光敏面积; λ 为热释电系数。产生的热释电峰值电压为:

$$V_0 = \lambda A_0 E / CC_T$$

收稿日期: 1982年11月26日。

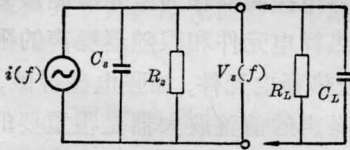
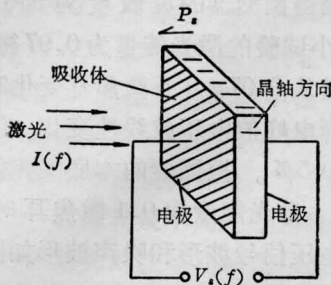


图 1

(上) 基本模型 (下) 等效电路

式中 E 为入射激光能量; A 为光照面积; C 为探测器的等效电容; G 为热释电晶体的热容。由公式可知, 热释电电压 V_s 正比于入射激光能量 E , 通过适当的电路测量这个电压, 即可确定脉冲激光的能量。

二、热释电能量探测器结构

探头结构如图 2 所示。① 为全黑吸收体, ② 为聚氟乙烯薄膜绝缘层, ③ 为镀在薄膜上的金电极, ④ 为钽酸锂 (LT) 热释电晶体, 厚度 75 微米, 电容 207 微微法, ⑤ 为镀在钽酸锂上的背电极。

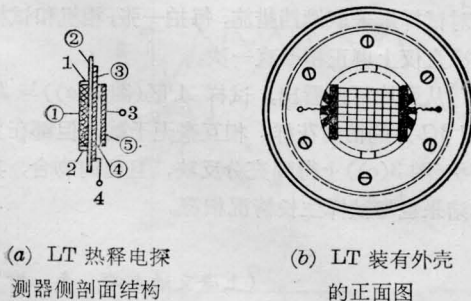


图 2 热释电探头结构

1, 2—加热电阻电极(吸收体); 3—背电极;
4—屏蔽及地电极

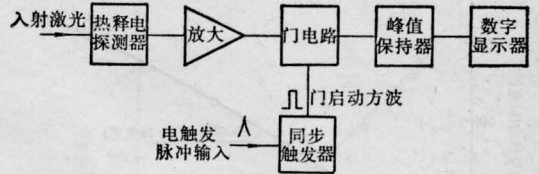


图 3 探测电路方框图

探测方框如图 3 所示。激光入射到热释电探头上产生热释电电压信号, 被放大器放大。前置放大器的输入阻抗约 10^{10} 欧姆, 增益 30 分贝。倒相放大器为集成运算放大器, 选用非达林顿端输入, 以提高放大器的稳定性。然后信号由峰值保持器取样保持, 峰为一电压跟随器, 噪声电平为 0.1 毫瓦。

延迟电路和门电路组成同步触发器, 分别由两个单稳态电路和一只结型场效应管三极管构成。把触发氙灯的电脉冲通过适当延迟 (0.2~1 毫秒) 启开门电路, 使门仅在激光产生热释电峰值电压瞬间被同步打开 100 微秒, 其余时间始终关闭, 这样就屏蔽了电磁场和其它干扰。

三、脉冲激光能量测量

实验装置如图 4 所示。激光器为主-被动锁模激光器, 输出由脉宽为 100 微微秒、间隔为 10 毫微秒的一组脉冲激光序列组成, 总能量约 8 毫焦耳, 主激光能量由卡计监视, 用一平板玻璃分出 8% 的光, 再经过衰减被热释电探测器接收。改变主光路上的衰减片,

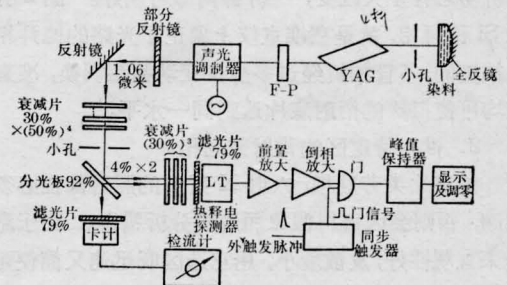


图 4 激光能量测量实验装置

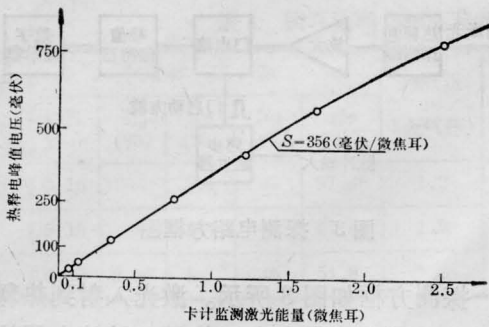


图5 热释电能量探测器标定曲线

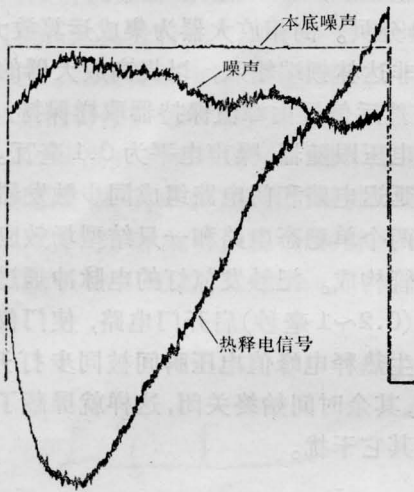


图6 热释电电压和噪声波形

观察激光能量变化时,热释电能量探测器的线性和灵敏度,得到如图5所示的曲线。从

曲线斜率测得探测器的灵敏度为356毫瓦/微焦耳,最小试验的激光能量为0.07微焦耳,当激光能量从0.07~2.5微焦耳变化时,得到相应热释电峰值电压成线性变化。线性偏离误差小于5%。探测器的本底噪声幅度为0.26毫瓦。激光能量为0.1微焦耳时相应的热释电电压信号波形和噪声波形如图6所示。

热释电探测器作为激光微能量测量,主要受到热释电元件和跟随器噪声的限制,因此,改进热释电元件,加强电磁屏蔽,研制高灵敏低噪声的前置放大器是很重要的。除本身噪声外,环境温度、振动都有一定的影响。如采取悬浮互补差分结构^[4,5],将可以测量更微弱的激光能量。

在激光实验过程中,得到赵庆春、戴美兰同志的帮助,在此表示感谢!

参 考 文 献

- [1] R. Smith *et al.*; The Detection and Measurement of IR Radiation, 1969.
- [2] J. L. Lachamber; *Rev. Sci. Instrum.*, 1971, **42**, No. 1, 74.
- [3] 陈继述;《红外技术与物理》, 1979, No. 6, 1.
- [4] T. F. McHenry; Bames Eng. Co., USP3, 453, 432.
- [5] W. M. Dagle; *SPIE.*, 1975, **62**, 166~170.

(上接第64页)

要求越准,调校时间就越长,工作人员受散射X射线的伤害就越大。用激光准直仪调正相机光路,上述问题即可避免,而且调正工作非常简便迅速,不管相机动态有多大改变,一分钟内即可调好。图2所示Si德拜相,就是在准直仪上调正了光路的德拜相机拍摄的,不管相机经过多少次变动甚至调换,准直仪均可使每次的衍射底片达到同一水平。

2. 试样特定区的背射劳厄相

拍摄此类劳厄相,入射X射线的照射部位必须准确,否则会因摄得假象而造成分析错误。由于激光束直观性好,发散度小,用它选区既迅速又简便可靠,通常用荧光纸来确定X射线照射部位的方法是无法与之相比的。

图3是我们用准直仪调正相机光路和选区所拍得的一组Nb双晶的背射劳厄相。试样直径约6毫米,分为取向不同的A、B两个区,呈⊖形;拍照时对试样未采取遮挡措施,每拍一张,相机和试样就在准直仪上调正和准直一次。

从照片可以看出,试样A区(图3(a))与B区(图3(b))的衍射花样,相互毫无干扰,但都在界面图相(图3(c))上得到充分反映,且位向吻合,其分析结果也与试样生长情况相符。

(上海交通大学 李 愉
上海港科学技术所 杜国楨
1982年12月20日收稿)