

# 热释电探测器在激光技术中的应用

中国科学院上海技术物理研究所 马述侃

本文介绍了热释电探测器作为激光接收器件可能应用的范围和前景。热释电探测器是利用热释电体自发极化强度随温度变化的特性进行工作的。它的优点是:室温下工作、制作简便、性能稳定可靠、探测率高,从紫外到远红外都有良好的光谱响应。另外能承受高功率、高温升、易制成大面积和各种特殊形状,能适应各种激光目标的测量要求。缺点是探测率还比不上低温光电器件,反应速度比较慢。

文章简要叙述了热释电探测器作为激光弱信号接收,响应率和探测率的表达式,以及目前达到的水平。指出了适当设计元件结构,可以测量  $10^{-10}$  瓦/(赫) $^{1/2}$  到  $10^{-11}$  瓦/(赫) $^{1/2}$  的弱信号,如果采用外差技术还可以提高 4 到 5 个数量级。

文章还介绍了热释电探测器测量激光功率和能量的原理,以及适用的范围。目前已能用热释电探测器测量微焦耳级、脉宽为毫微秒级的激光脉冲能量,适当设计器件就可以测量大能量的激光脉冲能量,这是热释电探测器在激光测量中最重要的应用。

热释电学定标探测器是一种对激光功率定标的有效手段,已被美国国家标准局采用。它可以精确地测定毫瓦到微瓦级的激光功率,比目前使用的探头式卡计更灵敏,精度达到 1% 以下。同时还可以用来测定紫外、X-线、离子辐射等各种离子流。

文章最后介绍了热释电探测器作为激光脉冲宽度测量的可能性。目前已做出时间常数为  $10^{-10}$  秒的元件,可以测量功率较大的激光脉冲的宽度和波形。

总之利用热释电探测器可以进行激光弱信号接收,激光功率和能量的定标,激光波形的显示等。可以用来测定激光能量的空间分布,从而判断激光模式,激光稳定性和准直性,还可以利用多元热释电器件和热释电摄像机把不可见的激光束在电视屏上显示出来。

## 低温碲镉汞红外探测器的激光辐照实验

中国科学院上海技术物理所 方家熊 胡亚春 钱永国

我们对 HgCdTe 红外探测器进行了 CO<sub>2</sub> 连续激光的辐照实验,在约 200 瓦/厘米<sup>2</sup> 的激光功率辐照度作用前后,探测器性能无明显变化。

对 CO<sub>2</sub> 连续激光束进行 815 赫调制后照射到整个 HgCdTe 片子上,发现光电响应有显著的暂态衰退现象。在激光功率辐照度不大时,光电讯号均方根值不随时间而变化;在辐照度大于 1 瓦/厘米<sup>2</sup> 后,光电讯号均方根值随时间而缓慢下降,经过几十秒钟后最终达到一个稳定值,其下降幅度随辐照度的增加而增加。这种光电响应的衰退与探测器的激光损坏不同,是可以恢复的暂态现象。暂态光电响应衰退在头几十秒之内接近指数规律,我们测试过的一批 HgCdTe 光伏探测器的衰退时间常数在几秒到几十秒的范围内。

光电响应开始出现衰退时的激光功率辐照度值和衰退时间常数,都与探测器的工作偏流关系不大。在光电讯号衰退的同时,在恒定反向偏流下的器件压降也缓慢地减小,在 4.2 瓦/厘米<sup>2</sup> 辐照度下,反向 V-I 特性退化十分明显。

上述衰退现象的进程很缓慢, HgCdTe 在大的光照下载流子寿命下降等微观机理不大可能是主要因素。对元件结构进行定态热学分析表明,对于 4.2 瓦/厘米<sup>2</sup> 的激光辐照,在不存在接触热阻时 p-n 结的温升仅约 1°K,如果存在 8.8°K 厘米<sup>2</sup>/瓦的接触热阻对应的温升才高达 10°K,在同样的接触热阻条件下器件的典

型工作偏流引起的焦耳热(10毫瓦)仅引起1.5°K的温升。p-n结温度升高10°K可以引起其反向V-I特性的退化。初步认为:整个HgCdTe片子在激光辐照下光伏探测器光电响应的退化,主要原因是接触热阻引起的p-n结的温升。

## 热敏电阻红外探测器的激光损伤

中国科学院上海光机所 刘玉璞

激光出现不久,人们就注意到这种高亮度光源可能对半导体和光辐射探测器造成的损伤。随着激光及其在光电子技术中应用的发展,强激光对辐射探测器的作用机理和损伤规律的研究日益活跃起来。

工作中,我们用1.06微米和10.6微米激光辐射对固体衬底和锗浸没型两种热敏电阻进行了辐照实验,并用集中参数热模型对探测器的破坏机理进行了理论分析。

1.06微米辐照固体衬底元件实验是用18瓦连续YAG:Nd激光器加转盘时间开关(辐照时间 $\tau=0.2$ 、1、5、26秒)、钹玻璃大能量激光器( $\tau=200$ 微秒、2毫秒)和电光调Q钹玻璃激光器( $\tau=50$ 毫微秒)进行的。在整个实验过程中,辐照脉宽改变9~10个数量级(从50毫微秒到几十秒)。元件上辐照功率密度是用改变脉宽、改变元件到聚焦透镜距离、改变透镜焦距和加玻璃衰减片堆的方法改变11~12个数量级( $10^{-4}$ ~ $10^8$ 瓦/厘米<sup>2</sup>)。辐照光斑上能量密度事先用光斑对中套孔法作了测量。元件接收面用与辐照光束同轴的He-Ne激光仔细对准。用炭斗卡计监视激光器的输出,通过测量元件在激光辐照前、辐照后以及辐照过程中的信号、噪声和阻抗,便可评价元件的损伤程度。根据热敏电阻的使用要求,认为噪声信号大于2微伏就算开始损伤,噪声大于几百微伏或开路作为完全损坏。信号下降常不是其主要损坏原因,也用显微镜观察热敏片的损伤形态,对其损伤机理进行定性的分析。

实验发现,在辐照时间 $\tau$ 小于元件热时间常数 $\tau_0$ (几毫秒量级)时,热传导不重要。元件主要由于吸收激光能量造成热烧蚀,所以能量阈值 $E_{th}$ 在 $\tau=10^{-3}$ ~ $10^{-2}$ 秒以内随 $\tau$ 变化不大。脉宽大于几毫秒时,热传导损耗逐渐增加,使 $E_{th}$ 随 $\tau$ 增加很快。相应地,功率阈值 $P_{th}$ 在 $\tau \ll \tau_0$ 时与 $\tau$ 成反比而增加,在 $\tau \gg \tau_0$ 范围内渐近一常数,与理论分析所预示的规律一致。

显微观察表明,在长时间辐照下,损坏元件的形式多为焊点熔脱和引线烧断,短时间(毫秒级)辐照,主要是热烧蚀,毫微秒脉冲辐照下的热冲击效应显著,热敏片都一断为二,烧蚀不严重。

我们也用8微秒近10焦耳的电子束预电离横向电激励CO<sub>2</sub>激光器和连续放电型100瓦左右的CO<sub>2</sub>激光器的10.6微米辐射,对二种元件作了辐照实验,脉宽为 $\tau=5$ 、1、0.2、 $2 \times 10^{-3}$ 、 $8 \times 10^{-6}$ 秒,实验程序与1.06微米相同。由于热敏片经过黑化,对1.06微米和10.6微米吸收系数相差不大,故所得结果亦相近。由于Ge浸没透镜的聚光作用,使损坏阈值降低4~5倍或更多。

### 1.06微米辐射对热敏电阻的破坏阈值

$\tau$ (秒)	$E_{th}$ (焦耳/厘米 <sup>2</sup> )	$P_{th}$ (瓦/厘米 <sup>2</sup> )
5	19.1	3.8
1	5.3	5.3
0.2	3.7	13
$2 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-2}$	34
$2 \times 10^{-4}$	$3.5 \times 10^{-2}$	180
$5 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^5$

结果表明,这种元件适于作短脉冲探测,在长时间辐照下 $P < 10^{-3}$ 瓦/厘米<sup>2</sup>均为线性区。欲破坏这种元件最适合的脉宽为毫秒级,所需功率与能量都较小, $\tau$ 再小, $P_{th}$ 渐近线性增加; $\tau$ 再大, $E_{th}$ 渐近线性增加。