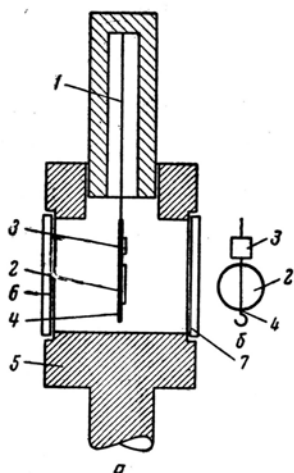


## 激光辐射的机械作用的测量

为了测量激光的能量和功率可采用利用光的机械作用的仪器。

用扭秤(见图示)测量光压, 在具有窗 6 和 7 的密闭气室 5 内, 把粘在杆 4 上的叶子板 2 和指示反射镜 3 所组成的可动系统悬挂在细丝 1 上。投射到半面叶子板上的光辐射的压力使可动系统扭转。根据由指示反射镜上所反射的光点的偏移来测出它扭转的角度。



装置的零件和紧贴着它们的气体层由辐射引起的加热——对流的气体流和辐射效应, 妨碍着光压的测量, 热干扰可大大地超过光压的力。为了摆脱它们, 许多研究人员将可动系统放置在真空室内; 当压力 $<10^{-4}$ 托时, 这种干扰就不显示出来。

在关于激光能量和功率的秤量计的报导

中, 也叙述了真空仪器。要求抽真空, 使仪器的制造复杂化了, 并且由于在真空中可动系统的振荡阻尼弱, 容易使它颤动。

但是发现, 当气室中气体的压力为大气压力时, 在空气中也可测量出光压。

研究指出, 在压力由 $10^{-5}$ 托改变到大气压力时, 辐射效应开始时增大, 在 $10^{-3}\sim 10^{-2}$ 托范围内达到极大, 随后减小。减小是按双曲线定律进行的, 因而在大气压力时, 效应比在极大值区域内的值减弱到约 $10^4$ 倍, 并且对扭秤可动系统的偏转不显示出重大的影响。假如采取一系列预防措施, 对流的气体流也可减小。辐射投射于其上的叶子板, 应使之尽可能少地被加热; 为此, 叶子板应由吸收系数小的材料制成。可动系统应该精细地使之成对称, 即叶子板应该是平面的, 并且装得与垂直线所成角度尽可能地小。选择作气室外壳的材料和选择气室的尺寸是非常重要的。要求材料的热容量大和热传导良好, 要求气室的壁靠近叶子板。

在这些条件下, 于大气压力时, 可在空气中测量光的机械作用, 同时不怕辐射效应和对流的气体流的干扰。在由黄铜制成的厚实的气室中, 装置了具有由银片制成的、尺寸为 $4.5\times 2\times 0.015$ 毫米<sup>3</sup>的叶子板的悬挂系统。为了减小叶子板加热的不均匀, 要求尺寸小。这样小的叶子板用来测量激光能量和功率是不合用的, 因为它的尺寸小于一般被研究的光束的截面大小。假如用透镜聚焦

激光束，则叶子板的材料将被毁坏。

为了克服这种困难，可利用透明材料（玻璃、石英、青玉）制作叶子板。这些材料吸收光很少，因而对流也显得比用金属叶子板时小。此外，透明材料在激光辐射作用下还是比较坚固稳定的。初步的研究表明，用置于厚实的、铜制的、不抽真空的气室中由玻璃制成叶子板的扭秤（甚至于叶子板的尺寸达~1厘米）可以测量光压。所用的气室模型是直径45毫米、高70毫米的铜制的垂直式圆柱。可动系统装置在直径30毫米的腔膛内，腔膛的二壁粘上石英窗。叶子板是青玉圆片，直径13毫米，厚0.3毫米，沿其直径粘到棒上去。悬丝用钨丝（直径6微米、长~10厘米）制成。为了指示读数，利用M25型检流计的读数装置。

当激光脉冲投射到可动系统上时，可动系统由平衡位置偏离，并且在几次振荡后就静止下来。光指示的最大偏移正比于脉冲能量：

$$I_{\text{极大}} = \frac{4RrT_0DN}{C\sqrt{IW}} E \quad (1)$$

式中  $R$ ——青玉叶子板的反射系数； $r$ ——光束投射点到旋转轴之间的距离； $D$ ——指示反射镜到读数尺之间的距离； $I$ ——可动系统惯量矩； $W$ ——悬丝的刚度； $C$ ——光在空气中的速度； $T_0$ ——石英窗的透过系数， $E$ ——脉冲能量。

公式(1)与计算金属叶子板时的相应公式有些不同，以计算透明叶子板反射系数的乘子  $2R$  代替金属叶子板反射系数的乘子  $I+R$ 。系数  $N$  是用以估算系统运动时空气的阻力的；这一系数很容易从研究冲击式检流计时所采用的方法找到：

$$N = \exp\left(-\frac{\delta}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{2\pi}{\delta}\right) \quad (2)$$

式中  $\delta$ ——系统的振荡阻尼的对数减量。

惯量矩  $I$  和悬丝的刚度  $W$ ，根据振荡周期以及可动系统本身和装在可动系统上已知惯量矩的负荷的振荡阻尼的对数减量来确定。

为了校准，采用惯量矩为  $I_0 = (1.039 \pm 0.0005) \times 10^{-8}$  公斤·米<sup>2</sup> 的负荷。振荡周期和振荡阻尼的对数减量，在没有负荷和有负荷的情况下，分别等于：

$$\theta_1 = 21.9 \pm 0.1 \text{ 秒}; \quad \delta_1 = 0.48 \pm 0.02;$$

$$\theta_2 = 50.8 \pm 0.1 \text{ 秒}; \quad \delta_2 = 0.39 \pm 0.03.$$

可动系统的惯量矩和丝的刚度分别等于：

$$I = (2.37 \pm 0.03) \times 10^{-9} \text{ 公斤} \cdot \text{米}^2;$$

$W = (1.96 \pm 0.01) \times 10^{-10}$  牛顿·米/弧度。

引入到公式(1)中的其他值：

$$R = 0.142 \pm 0.001; \quad N = 0.892 \pm 0.005;$$

$$r = 0.50 \pm 0.05 \text{ 厘米}; \quad T_0 = 0.933 \pm$$

$$0.001; \quad D = 62.5 \pm 0.5 \text{ 厘米}.$$

还必须估算进由出射窗反射的和从后面投射到叶子板上的光能；这些量减小了仪器的指示值。为了估算进这些值，被测的能量值上需乘上1.06的乘子。上面所用的值，于读数尺测读时，给出仪器的感度为0.74厘米/焦耳。

用上述模型测量激光能的读数和用卡计测量的读数进行了比较。能源用单脉冲红宝石激光器。比较的结果如下：

用卡计测量值为2.9焦耳，用秤量计测量值为2.6焦耳。

在误差范围内找到测量值之间的偏差为11%；卡计的测量误差为±10%；秤量计的

测量误差为  $\pm 16\%$ 。

因此，证明在大气压力下工作的扭秤，可以用来测量光压。

### 参 考 文 献 (略)

取自 ИТЭ, 1969, №4, 171~174

## 激 光 棒 内 应 力 的 检 查

发展高质量激光器的问题之一是由于棒材料吸收某些感应的泵浦辐射热而引起的内应力(棒畸变)。棒畸变减少了光束相干性，增大了激光束的发散度。

美帝国家标准局正在研究用于科学和工业研究的固体激光棒的光学质量。该局基本标准研究所的伯基(M. M. Birky)发展了一种技术，用以研究激光器工作时激光棒中的内应力和掺杂浓度的影响。

考察激光棒的静态(没有激光作用)和动态(有激光作用)特性便能研究固体激光器的光学质量。诸如干涉仪测量这类静态试验可决定光路的均匀性。然而，激光的辐射输出特性，诸如相干性、束发散度和功率能力是重要参量；按静态试验测定，棒的光学质量似乎很好，但当接收到泵浦源的强辐射后，此棒质量就不能保持。由于泵浦辐射引起的畸

变产生热梯度、折射系数变化和热感应双折射。

伯基设计了一种方法去研究激光棒的动态质量，即当激光器工作时，同时记录靠近激光器输出端所观察到的激光辐射强度的变化(近场)和在无穷远处所观察到的激光辐射强度的变化(远场)。

对于一台在低功率下运转得相当好的激光器，近场是一均匀强度图案，而远场将显示出一个简单的衍射图案，类似于受照明的孔的衍射图案。图案这样简单的系统极少见，一般说来都很复杂。因此，棒的场测量便能指出类型、量以及棒参量的变化的程度，最后导致对棒结构的再分析，因而能消除畸变问题。

接近棒能够获得近场图样。然而，棒端的像的精确复制工作可以用透镜在光敏材料

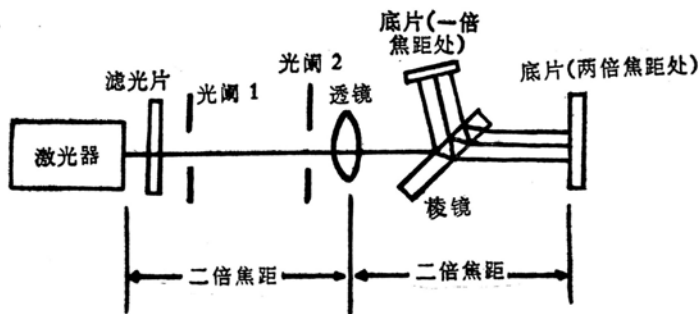


图 1 用来记录激光棒端的近场和远场图样的装置图形。滤光片和二个光闸可隔离闪光灯辐射。激光束通过透镜聚焦，最后以棱镜来衰减。透过棱镜的二组已衰减的光脉冲记录在底片上——近场图样(二倍焦距处)，远场图样(一倍焦距处)。