

激光功率和能量的计量标准

中国计量科学院光学室激光组

为适应我国激光技术发展的需要,促进激光参量测试工作,统一激光功率和能量量值,我国自1973年开始研究建立相应的计量标准。本文简要介绍激光功率和能量计量标准的原理,若干有代表性的标准功率计和能量计,以及激光功率和能量检定装置。

激光功率和能量标准大多利用激光与物质作用产生的热效应。在这类标准中,主要的校准方法是让可以精细调节和准确测量的电功率(电能)模拟激光功率(能量)产生的热效应,使光能和电能相互比较,从而将激光功率和能量标准参比于电压、电阻和频率基准。但是,采用这种方法要特别注意光电等效性。属于这一类的,有作为激光功率标准的锥腔型绝对辐射计,它的通常工作范围在0.1~100毫瓦,以 3σ 准则估算的准确度为 $\pm 1.5\%$,它与1300K黑体的实验比对结果表明,两者符合在0.2%。还有一种以中性深色玻璃作为吸收体的标准激光能量计,它通过特殊光路来回收激光在玻璃吸收体上的镜反射损失及部分热辐射,对于非调Q脉冲激光,可承受的激光能量密度在30焦耳/厘米²以上,单次电校准的均方误差为 $\pm 0.3\%$,它与上述激光功率标准的比对表明,量值符合在1%以内。作为 $10\sim 10^3$ 瓦范围的激光大功率计量标准,采用流水式功率计,接收锥腔的半顶角为 8° ,它主要通过预先标定的热电堆的热电势率,测量进出水的温差和水的流量,来计算激光功率,也可以进行电校准,二者符合在 $\pm 0.5\%$ 。这种流水式大功率计和上述小功率标准,通过中功率计进行比对,量值符合在 $\pm 2\%$ 。以上几种激光功率、能量计都是全吸收型的,因而可在紫外到中红外宽波段范围工作。

为了标定和比对激光功率计和能量计,建立了相应的检定装置。激光小功率检定装置所用的激光光源,是法拉第转子法稳定的氦-氖激光器,它的输出光束功率通常在10毫瓦,其幅度在半小时内相对于功率平均值的最大起伏为0.2~0.3%。鉴于脉冲激光不稳,常用的激光能量计检定装置,是以溴钨灯作为光源并通过大孔径凹面镜会聚的模拟激光光束,利用标准功率计测得该光束的恒定光辐射功率,而借助照相快门产生光脉冲的持续时间,则由单独的数字计时系统测量,这一计时系统保证测量快门光脉冲梯形波的中部宽度,即实际的光脉冲持续时间,因而可以计算出每个光脉冲的能量。在该装置上,可得到 $10^{-2}\sim 1$ 秒以上脉冲宽度和不同光束口径的 $10^{-3}\sim 1$ 焦耳的脉冲能量,以标定各类无光谱选择性的能量计,整个装置的准确度优于 $\pm 3\%$ 。

测量万瓦级CO₂激光器连续输出功率的鼠笼式能量计

中国科学院力学研究所 陈致英 李伟 方慧英

CO₂激光器连续输出功率可达数万瓦以上,运转时间短的仅几秒,一般的功率计很难兼顾承受高功率密度和响应时间快这两个要求。因此我们采用配有旋转盘衰减器的鼠笼式能量计进行测量。Baker给出,鼠笼能量计在不小于毫秒时间里最大可接收的能量密度为10焦耳/厘米²。我们制作的74-6#鼠笼能量计的实验表明,只要通过旋转盘衰减器的每个光脉冲满足上述要求,在重复频率为数十次/秒的连续光脉冲照射下,仍可实现测量。74-6#已实测了 3×10^4 瓦CO₂激光器连续输出功率,它的最大功率密度已超过 6×10^8

瓦/厘米²。

本能量计以电能等效吸收的光能为标定的标准。理论计算结果与电标定相符,证明能量计是合理的。本文通过对辐射回散射和鼠笼容器内壁吸收损失的测量,得到鼠笼漆包线堆对入射激光的吸收率;通过理论分析和实验结果得到鼠笼能量计标定系数随环境温度变化的修正率,于是得到了可以在通常室温条件下直接测量入射激光功率的标定公式。本文采用电标定与激光比对标定相结合的方法解决了可测万瓦激光功率的74-6#鼠笼能量计的标定。74-6#的不可靠性小于 $\pm 4\%$ 。

用来比对标定74-6#的标准鼠笼能量计73-1#曾与国家标准激光功率计进行比对,相差小于1%。两者的不可靠性均小于 $\pm 3\%$ 。

CO₂ 激光脉冲探测器

中国科学院力学研究所 王春奎 傅裕寿 唐沧雅

在CO₂脉冲激光器件应用于工业加工时,影响加工质量的非常重要的参数是光脉冲波形,在放电脉冲激光器的物理机制及等离子体研究中也是如此。因此,激光脉冲波形测量就成为必不可少的一项工作。

用碲镉汞探测器测光波波型是一种类型,但该器件要在低温下工作,设备复杂,制作困难,使用也不方便。另一种则是光子牵引探测器。我们试制成功了后一种探测器件。

光子牵引探测器的原理是利用半导体P型锗在激光照射下发生的光子牵引作用,根据红外光作用于半导体P型锗单晶的价带间跃迁的吸收比带内跃迁吸收强得多,当CO₂激光器所产生的红外光对P型锗单晶辐照时,光子与空穴相互作用,则空穴不仅获得了能量,也获得了动量。这时在重质带和轻质带之间发生跃迁,致使空穴在光束传播方向上运动,P型锗棒一端空穴数目减少,另一端空穴数目增加,这种运动称为“光子牵引”,其结果,使P型锗棒两端产生电压。电信号放大用示波器显示。研究表明,光子牵引产生的电压与入射光强成正比。这样入射光的波型就可用光子牵引电压来表示。

在制备样品时,考虑到提高响应率,选择了电阻率为5欧·厘米的P型锗单晶,长方形棒(5.52×5.4×22.7毫米³),两端磨平,抛成光学平面,两端镀ZnS增透膜,反射率R=2%,在靠近端面的方环上镀钢,经烧结,再从钢环上引出电极。在室温下本仪器样品响应率为 $V/W=1.03 \times 10^{-6}$ 伏/瓦,V——电压,W——光强。

该仪器在使用中比较稳定,经过大量试验证明,用在从低压(60托)到高压(一大气压)脉冲CO₂激光波形的测量上是能够满足要求的。如果再进一步,放大器灵敏度还可以更高一些,或使用二级放大。

甲烷饱和吸收稳定的氦-氖激光器

中国计量科学研究院量子室 赵克功 张学斌 赵家琪 李成扬

文章介绍了我们研究的甲烷饱和吸收稳定的氦-氖激光器及其特性。由于甲烷是基态吸收,不需放电激励。甲烷分子的基态偶极矩为零,所以塞曼效应和斯塔克效应都很小。因其吸收系数较大,所以吸收室的充气压力仅为10毫托。此时的谱线宽度很窄,谱线位移很小,是一条很好的参考谱线。此种激光系统辐射的波长复现性已优于现行米定义——⁶⁶氖波长基准。1973年米定义咨询委员会已推荐它作为长度付基准使用,并在1975年国际计量大会第十五届会议上正式通过。

文章给出了我们研制的甲烷稳定激光系统的增益室、吸收室、谐振腔、稳频器等装置及其主要参数。实验测定的甲烷饱和吸收峰的峰高为2%以上,表现峰宽1.2兆赫。