

# 多束激光的合成和传输

徐毓光 余勤跃 吕波 陈守华 戎忠华 王之江

(中国科学院上海光机所, 201800)

**提要:** 描述多束激光的合成和传输系统的结构及特性, 给出系统光束合成混合度和传输效率的测量结果。

**关键词:** 光束合成和传输

## Composition and propagation of four laser beams

*Xu Yuguang, Yu Qinyue, Lü Bo, Chen Shouhua, Rong Zhonghua, Wang Zhijiang*

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

**Abstract:** The structure and the property of the optical system for composition and propagation of four laser beams are described and the measurement results for the degree of composition and the efficiency of propagation are given.

**Key words:** composition and propagation of four laser beams

在激光和原子相互作用过程中, 往往需要把几种波长非常接近的不同光束合成为一束, 然

后将混合光束传输到激光和原子相互作用的多程腔<sup>[1]</sup>中。在我们的物理实验中要求有波长接近的四种染料激光(最接近的两种波长相差小于10nm)同时输入多程腔中。对光束合成的基本要求是合成后四束光要充分混合, 合成和传输过程中光束功率损耗小。

我们设计的光束合成和传输系统如图1所示。染料激光器输出的四束激光 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ 经可调聚焦透镜ZL聚焦在小角度全反射棱镜TRP的顶端, 经TRP反射后的四束光合成为一束, 沿同一光路经过相同的光学元件传输到多程腔MR内。

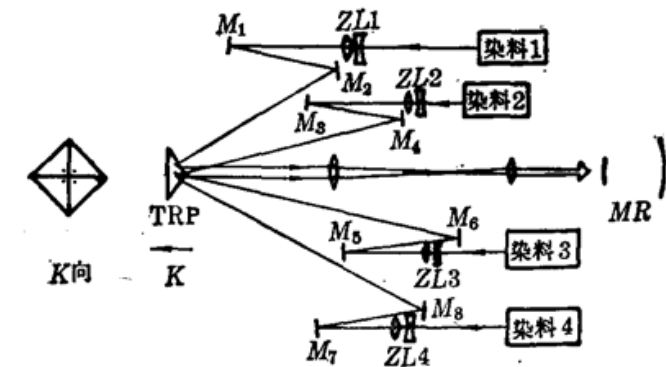


图1 合成、传输、多次反射系统简图

在反射棱镜上, 四束光的四个焦点分布如图1中K向示图。它们之间尽量接近。调整输入棱镜的光束方向, 使四束光从棱镜输出时各光轴相互平行, 此时四束光的光轴间距与棱镜上的焦斑中心点间距相同。从合束反射棱镜到多程腔的传输采用2:1缩孔望远镜使各光轴间距再缩小一倍, 四束光束混合更充分。然后经平面反射镜采用小角度反射送入光学多程腔。由于合成和传输均采用小角度反射, 降低了整个系统的损耗。

光束混合度是本系统的一个重要特性。我们最关心的是激光和原子相互作用的多程腔中

四束光的混合情况,在程腔中的四束光最佳和最差混合位置测量光束混合度。在底片平面加一方框做参照物,用相机暗盒直接对光斑拍照,四种不同波长的光得到四张光斑图。然后借助照片放大机将四张光斑图以参照物作基准叠合成如图 2 的混合图。图中 1~4 为四个光斑的中心点。中间空白为四束光共有,称为  $A$ ; 打网格线部分为三束光共有,称为  $B$ ; 打斜线部分为两束光共有,称为  $C$ ; 打十字叉部分只有某一种波长的光,称为  $D$ 。考虑光强的因素,认为光斑内光强均匀分布,可求出四束光总的光强为:

$$M = 4A + 3B + 2C + D \quad (1)$$

混合度由下列各式计算:

充分混合度:

$$4A/M \quad (2)$$

部分混合度:

$$(3B + 2C)/M \quad (3)$$

不混合度:

$$D/M \quad (4)$$

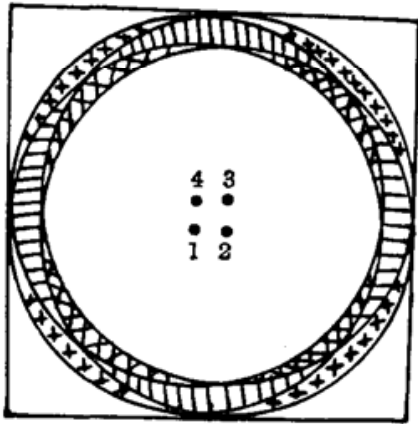


图 2 光束混和示意图

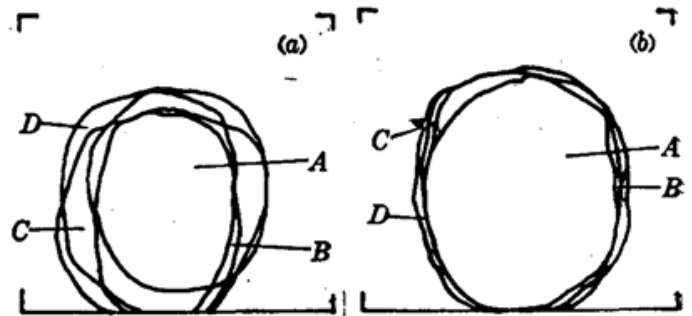


图 3 光斑描述图

(a) 在凹面镜上的光斑; (b) 在平面镜上的光斑

对扫描光束大光斑混合情况用口述方法进行测量,光斑混合图如图 3 所示。数据处理结果如表 1 所示。考虑到激光光束光强的空间分布,光束强区部分是完全混合的。

表 1

	凹面镜一端	平面镜一端
完全混合度	77.1%	91.8%
部分混合度	19.7%	7.1%
不混合度	3.2%	1.1%

合成和传输的效率是系统追求的另一个目标,我们也进行了测量。由于染料激光器输出功率随时间有一定的波动,所以测量传输效率时,应同时监视输入系统的功率,为此我们设置功率计  $A$ ,如图 4 所示,把另一个功率计  $B$  放在合成和传输系统前后的  $B_1$  和  $B_2$  处。将两个功率计的模拟输出接到  $x-y$  记录仪的  $y_1$  和  $y_2$ ,在  $B_1$  和  $B_2$  处, $x-y$  记录仪同样画出  $A$ 、 $B$  两条功率随时间变化的曲线。两次测量某对应时刻的  $A_1$  和  $B_1$ ,  $A_2$  和  $B_2$ ,得到传输效率

(下转第 93 页)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{2\Delta h \cos \alpha} \left[ \frac{y'_2 - y'_1}{y_2 - y_1} - 1 \right] \quad (37)$$

可得

$$\frac{\Delta f}{f} = \left| \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} \right| + \left| \frac{\Delta(y_2 - y_1)}{y_2 - y_1} \right| \quad (38)$$

设  $\Delta h = 2 \text{ mm}$ ,  $\Delta(\Delta h) = 10^{-3} \text{ mm}$ ,  $y_2 - y_1 = 10 \text{ mm}$ ,  $\Delta(y_2 - y_1) = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ , 则  $\frac{\Delta f}{f} \approx 10^{-3}$ 。设  $f = 75 \text{ mm}$ , 则  $\Delta f \approx 0.1 \text{ mm}$ 。

我们所用的 TLAP 晶体谱仪,  $\alpha = 68^\circ$ 。假设不计及  $\alpha$  的误差, 将  $f = 75 \text{ mm}$ ,  $\Delta f = 0.1 \text{ mm}$ ,  $y - a = 10 \text{ mm}$ ,  $\Delta(y - a) = 4 \times 10^{-3} \text{ mm}$  等数值代入(36)式, 得  $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} \approx 5 \times 10^{-4}$ 。对  $\lambda = 1 \text{ nm}$  谱线  $\Delta \lambda$  值为  $5 \times 10^{-4} \text{ nm}$ , 这与通常用参考谱线方法测量波长的误差有同一量级。

### 参 考 文 献

- 1 B. Yaakobi *et al.*, *Phys. Rev.*, **A19**, 1247(1979)
- 2 J. D. Kilkenny *et al.*, *Phys. Rev.*, **A22**, 2746(1980)
- 3 P. G. Burkhalter *et al.*, *JOSA*, **B1**, 155(1984)
- 4 Zhang Chengchuan *et al.*, *Physica Scripta*, **35**, 798(1987)
- 5 Y. Conturie *et al.*, *JOSA*, **71**, 1309(1981)

(上接第 99 页)

$\eta = \frac{B_2/A_1}{B_1/A_2} = \frac{B_2 A_1}{B_1 A_2}$ 。总的合成和传输效率为 85%, 测量曲线如图 5 所示。

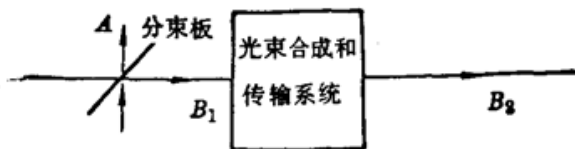


图 4 传输效率测量示意图

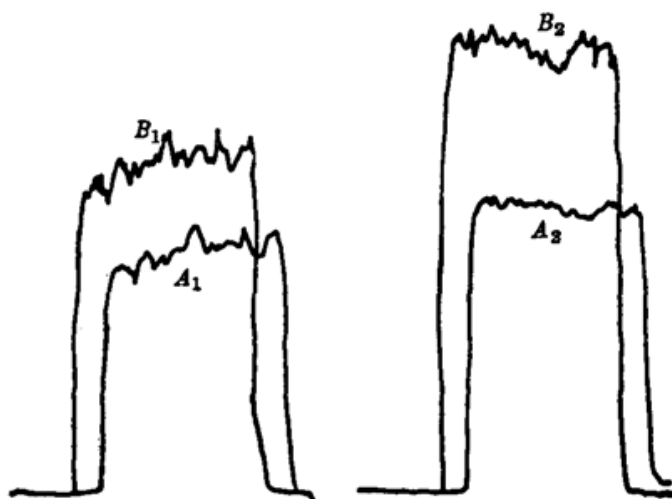


图 5 传输效率测量的函数记录仪扫描曲线

### 参 考 文 献

- 1 徐毓光 *et al.*, 中国激光, 待发表