

利用光热偏转技术实施多路激光束的共轴性调查

吴周令

(中国科学院上海光机所)

Collinear alignment of different beams using photothermal deflection technique

Wu Zhouling

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

提要: 本文基于光热偏转技术中光热信号相对泵浦光束中心对称的特性, 提出一种精密调节多路激光束共轴性的新方法, 精度达 $\pm 2 \mu\text{m}$ 。

关键词: 光热偏转, 多路激光共轴

一、引言

利用激光束探测的光声光谱及光热光谱技术近年来发展很快, 得到了越来越广泛的应用^[1~4]。然而此类技术的实施, 常常会遇到许多具体的技术问题, 其中之一就是泵浦激光束与探测激光束相对位置的调查^[5]。本文基于光热偏转技术 (photothermal optical beam deflection technique)^[6~8]中光热信号相对泵浦光束中心对称的特性, 提出了一种精密调节泵浦光与探测光相对位置的新方法, 精度达 $\pm 2 \mu\text{m}$ 。文章最后对实验结果作了分析讨论, 并把该方法推广至多路激光束的共轴性调整。

二、实验

我们在同一实验装置^[9]上实验了两种不同的方案, 如图 1(a) 及图 1(b) 所示。

关于实验装置, 文献^[9]中已作详细介绍, 这里不再重复。其中, 泵浦光与探测光都是单模 He-Ne 激光, 其最大输出功率分别为 120 mW 及 2 mW, 斩波器的频率 1 Hz~1 kHz 连续可调, 本文实验中取 $f = 120 \text{ Hz}$ 。

方案 1 基于共线透射式梯度折射率光热偏转技术^[6], 其基本原理如图 2(a) 所示。当强度调制的激光束 (泵浦光束) 照射到样品表面时, 由于光吸收的存在, 样品内部将产生热波, 从而在样品及其周围介质内形成周期性梯度折射率分布; 当另一束激光束 (探测光束) 通过这一梯度折射率区域时, 其方向将

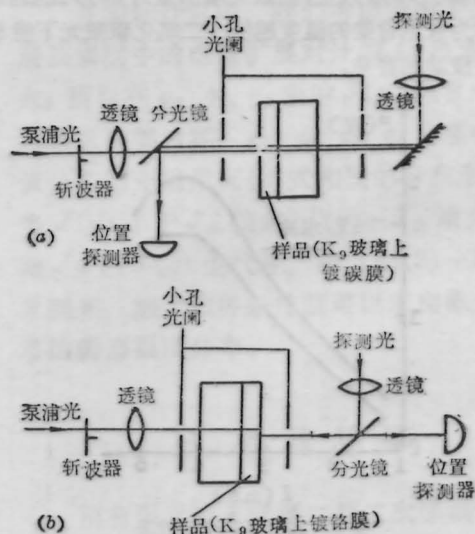


图 1 实验方案示意图

(a) 方案 1—共线透射式梯度折射率光热偏转技术
(b) 方案 2—共线反射式光热位移偏转技术

发生相应的周期性偏转, 偏转信号可用四像限探测器来进行检测。

方案 2 基于共线反射式光热位移偏转技术^[7,8], 其原理如图 2(b) 所示。与方案 1 不同, 这里的光热偏转信号, 当样品置于空气中时, 主要源于样品表面的微小变形^[7]。

图 3(a)、(b) 分别为方案 1、2 中光热信号对泵浦光与探测光相对位置的依赖关系曲线。由图中可以看出, 由于泵浦光束能量分布的空间对称性, 光热

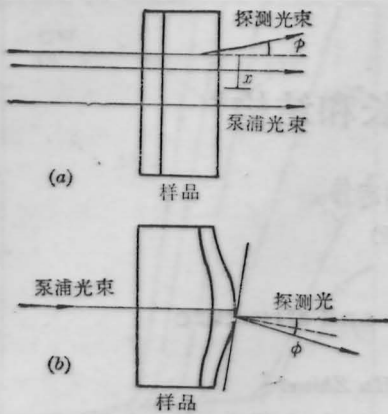


图2 光热偏转光谱学原理示意图

- (a) 共线透射式梯度折射率光热偏转技术;
(b) 共线反射式光热位移偏转技术

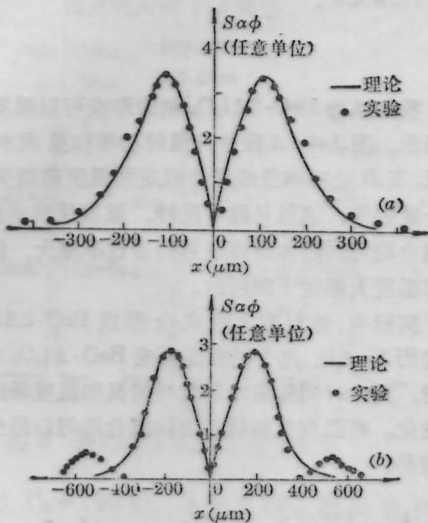


图3 光热偏转信号对泵浦光与探测光相对位置的依赖关系

- (a) 共线透射式梯度折射率光热偏转技术;
(b) 共线反射式光热位移偏转技术(实验结果出现于与理论分析偏离较大的次峰,其物理机制尚待进一步研究)

偏转信号具有相对泵浦光束中心对称的特性。根据这一特性,我们可以实施多路激光束的共轴性调整,其具体方法如下:

第一步,利用小孔来调节泵浦光与探测光的方向,使其相互平行^[6]。

第二步,利用光热偏转信号,调泵浦光与探测光重合:平移探测光束,当探测光束与泵浦光束重合时,样品及其邻近介质对探测光束仅有发散作用而不会使它发生偏转,从而用于检测出射探测光束偏转的像限探测器输出信号为零。反之,如果探测光

相对泵浦光有微小位移 x_0 ,则出射探测光将发生大小与方向都与 x_0 相对应的光束偏转,并为像限探测器所接收。

图4及图5是由示波器观察到的光热偏转信号。由图中可以看到,当探测光与泵浦光重合时,光热偏转信号为零,而当探测光相对泵浦光的偏移由 $+x_0$ 变为 $-x_0$ 时,光热信号幅值不变,方向发生 180° 反转。

实验中,粗调时光热偏转信号用示波器直接观察,精调时则由锁相放大器进行相关检测,以提高调节精度与灵敏度。



图4 由示波器观察到的光热偏转信号(方案1)

- (a) $x_0 = +0.05 \text{ mm}$; (b) $x_0 = 0$; (c) $x_0 = -0.05 \text{ mm}$



图5 由示波器观察到的光热偏转信号(方案2)

- (a) $x_0 = +0.05 \text{ mm}$; (b) $x_0 = 0$; (c) $x_0 = -0.05 \text{ mm}$

限制本方法调节精度的因素主要有以下几点:

- (1) 泵浦光与探测光的能量起伏;
- (2) 泵浦光与探测光的方向漂移;
- (3) 光热信号检测灵敏度;
- (4) 光路调节系统的调节精度;
- (5) 实验环境的影响,如气流扰动等。本文实验条件下,上述诸因素综合影响引入的误差,优于 $\pm 2 \mu\text{m}$ 。这一结论是通过下述方法获得的;在实验条件不变的情况下,连续多次调节泵浦光与探测光的共轴性,获得其重复精度。

本文提出的实验方法可推广至多路激光束,其唯一的限制是在多路激光束中,必须有一束能量相对较大且易于为待测样品吸收,以用作泵浦光束,产生光热信号,作为其它激光束的调节基准。

作者感谢施柏焯,苏星同志的有益帮助和讨论。

参 考 文 献

- 1 A. C. Tam *et al.*, *Appl. Opt.*, **21**, 69 (1982)
- 2 A. Rose *et al.*, *Appl. Opt.*, **23**, 781 (1984)
- 3 A. Rose *et al.*, *Opt. Commun.*, **56**, 303 (1986)
- 4 A. C. Tam, *Rev. Mod. Phys.*, **58**, 381 (1986)
- 5 M. C. Gagne *et al.*, *Appl. Opt.*, **24**, 1724 (1985)
- 6 W. B. Jackson *et al.*, *Appl. Opt.*, **20**, 1333 (1981)
- 7 M. A. Olmstead *et al.*, *Appl. Phys.*, **A**, **32**, 141 (1983)
- 8 J. Opsal *et al.*, *Appl. Opt.*, **22**, 3169 (1983)
- 9 吴周令 *et al.*, 仪器仪表学报(待发表)

(收稿日期:1988年7月20日)