

CO 选支激光的偏振度和振动方向的测定

程瑞华 栾绍金 沈红卫 谭维翰
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文根据部分偏振光可表示为偏振光和非偏振光之和的基本原理, 提出一种测定红外激光偏振度和振动方向的简便方法, 并给出了实验结果。

红外激光的偏振度和振动方向是红外实验中经常使用的两个量, 但目前还缺乏对它们进行测量的仪器, 本文报道一种简便的测量方法。

如图 1 所示, 设 $\lambda=5.3\mu\text{m}$ 的 CO 激光以布儒特角 $\theta_i=54.37^\circ$ 入射到 CaF_2 晶体平板上。当 CaF_2 晶板绕入射光轴旋转时, 如果入射光是非偏振光, 反射光强不变。如果入射光是偏振光, 根据菲涅耳公式, 当振动面与入射面垂直时, 反射率 $R=[(n^2-1)/(n^2+1)]^2$ 取最大值; 当振动面与入射面重合时, 反射率 $R=0$ 。

对部分偏振光总可以表示为偏振光与非偏振光之和, 偏振度为^[1]

$$P = I_{\text{偏振}}/I_{\text{总}} \quad (1)$$

因此, 在可以忽略 CaF_2 晶板的吸收情况下, 只要测出反射光强的最小值 $I_{r,\text{min}}$ 及相应的透射光的最大值 $I_{t,\text{max}}$, 即可由 (1) 式算出入射光的偏振度, 此时, 入射面的方向也就是入射光振动面的方向。

但是, 实际上光波在 CaF_2 晶板中进行了多次反射, 而测量反射光和透射光的探测器口径有限, 只能分别接收到前 M 个反射波和前 N 个透射波, 其光强分别是 $I_{r,\text{min}}^{(M)}$, $I_{t,\text{max}}^{(N)}$, 因此带来了测量误差, 需要进行修正。根据文献 [1] 可导出

$$\frac{I_{r,\text{min}}}{I_{t,\text{max}}^{(M)}} = \frac{1 - R^2 + T^2}{1 - R^2 + T^2 - T^2 R^2 (M-1)} \quad (2)$$

$$\frac{I_{t,\text{max}}}{I_{t,\text{max}}^{(M)}} = \frac{1}{1 - R^{2N}} \quad (3)$$

由最小反射光强 $I_{r,\text{min}}$ 可以确定非偏振光的光强为

$$I' = I_{\text{总}} - I_{\text{偏}} = \frac{1 - R^2}{R(1 - R^2 + T^2)} I_{r,\text{min}} \quad (4)$$

根据 (1) 式和 $I_{\text{总}} = I_{t,\text{max}} + I_{r,\text{min}}$ 可得

$$P = \frac{aI_{t,\text{max}}^{(N)} + bI_{r,\text{min}}^{(M)}}{aI_{t,\text{max}}^{(N)} + cI_{r,\text{min}}^{(M)}} \quad (5)$$

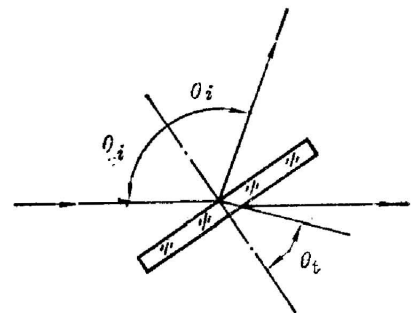


图 1 红外激光在 CaF_2 晶板上的反射与透射

Fig. 1 The reflection and transmission of infrared laser at the CaF_2 crystal plate

$$\text{式中 } a = \frac{1}{1-R^{2N}}, \quad b = \frac{R(1-R^2+T^2+R)-1}{R[1-R^2+T^2-T^2R^{2(M-1)}]}, \quad c = \frac{1-R^2+T^2}{1-R^2+T^2-T^2R^{2(M-1)}}。$$

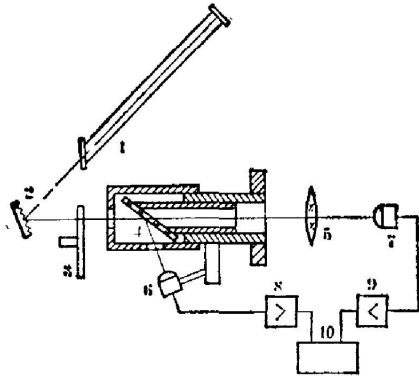


图 2 测量装置原理图

Fig. 2 Schematic diagram of measurement set-up

测量 CO 选支激光的偏振度和振动方向的实验装置如图 2 所示。图 2 中 1 为 CO 选支激光器, 2 为选支光栅, 3 为调制器, 4 为 CaF₂ 晶板, 6 为小型 InSb 探测器, 它与 CaF₂ 晶板固定在一起并可共同绕入射光轴旋转, 当其检测到的信号为最小值时, CaF₂ 晶板的入射面即入射光振动方向。会聚透镜 5 用以将透过 CaF₂ 晶板的 CO 激光会聚到 InSb 探测器 7 上。两只 InSb 探测器接收到的信号经放大器 8、9 后直读, 或由双笔记录仪 10 记录下来。

对于我们的实验具体条件, CaF₂ 晶板厚度 $h=3\text{mm}$, 它对 $5.3\mu\text{m}$ 红外激光的折射率 $n=1.39522$, 于是当取 $M=2, N=3$ 时, 有

$$P = \frac{1.0000012I_{t\min}^{(3)} - 4.36534I_{r\min}^{(2)}}{1.0000012I_{t\min}^{(3)} + 1.004799I_{r\min}^{(2)}}。$$

表 1 给出两个不同波长的 CO 选支激光输出的偏振度。

表 1 CO 选支激光输出偏振度

Table 1 Output polarization degree from branch-selected CO laser

波 长	$I_{t\max}^{(3)}$	$I_{r\min}^{(2)}$	P
$5.3067\mu\text{m}$	110 mW	0.29 mW	98.59%
$5.3166\mu\text{m}$	320 mW	0.3 mW	99.50%

本文介绍的测定方法采用的是线偏振光。对于圆偏振光和椭圆偏振光, 只要在光路中加一块 1/4 波片使之转变成线偏振光, 也同样适用。

为了提高测量精度, 需要将 CaF₂ 晶板的转动轴与入射光线调成重合。

如能将图 2 中的聚焦透镜 5, InSb 探测器 6、7 以及 CaF₂ 晶板安装紧凑, 那末本文介绍的实验装置可以成为一个方便的小型红外激光偏振度计, 其测量波长范围可以通过改变晶板角度或更换晶板材料来加以扩大。

参 考 文 献

[1] M. Born, E. Wolf; «Principles of Optics», (Pergamon Press., 1964).

Determination of polarization degree and vibration direction in a branch-selected CO laser

CHENG RUIHUA LUAN SHAOJIN SHEN HONGWEI AND TAN WEIHAN

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

(Received 4 May 1984)

Abstract

A simple method for determining the polarization degree and vibration direction in a infra-red laser has been proposed based on the principle of which partially polarized light can be regarded as the sum of a polarized light and a unpolarized light. The experimental result has been given.