

- 3 胡志强, 激光, 8(1), 53(1981)  
 4 胡志强, 中国激光, 10(5), 315(1983)  
 5 胡志强, 激光与红外, 13(2), 30(1983)

(收稿日期: 1989年3月1日)

## 高消光比测试系统的研究

李国华 赵明山 吴福全 胡庆云

(曲阜师范大学)

### Study of a measurement system for high extinction ratio

*Li Guohua, Zhao Mingshan, Wu Fuquan, Hu Qingyun*

(Qufu Teachers, University, Qufu)

**Abstract:** A measurement system for high extinction ratio is reported. Several key technical problems in the measurement of extinction ratio are overcome and extinction ratio of less than  $10^{-9}$  can be measured by means of this system.

**Key words:** extinction ratio, polarization measurement system.

### 一、引言

消光比是标志偏光器件性能的主要参数之一,也是表征许多光学材料性质的重要指标。因此对消光比的精确测量一直是人们非常关心的问题,也是科研和生产中亟待解决的一个课题。而高消光比的测量更是急需解决的关键问题之一。虽然,过去人们曾在这方面做过一些工作<sup>[1]</sup>,但由于起偏系统和测试方法等的限制,很难保证其测量精度和灵敏度,并且无法给出单只偏光器件的这一参数。本文给出了一种测量高消光比的有效方法,并建立了相应的测试系统,其消光比的测量优于  $10^{-9}$ ,能较好地满足科研和生产的需要。

### 二、测量原理

通常偏光镜的消光比定义为<sup>[2]</sup>

$$\rho = T_2/T_1 \quad (1)$$

其中  $T_1$ 、 $T_2$  分别是入射光的振动方向对偏光镜主截面的平行分量和垂直分量的透射比,两者统称为主透射比,通常  $T_1 \gg T_2$ 。

如果入射光是“完全”偏振光,只要测出待测偏光镜的主透射比,即可定出其消光比  $\rho_{\infty}$ 。

然而,实际光源多数属部分偏振。以前的测量只是在待测偏光镜前加一起偏器,测出两偏光镜主截面平行与垂直时的光强  $S_{\parallel}$  和  $S_{\perp}$ ,其比值  $S_{\perp}/S_{\parallel}$  定为待测棱镜的消光比。由于单只起偏器的消光比是有限的(设为  $\rho_A$ ),上面定出的实际上是一对偏光镜的共同结果,而不是通常定

义的单只偏光镜的消光比  $\rho_{\sigma}$ 。可以证明

$$\frac{S_v}{S_h} = \rho_{\sigma} + \rho_{hv}\rho_A, \quad (2)$$

$\rho_{hv}$  代表光源的部分偏振性, 它表示光源强度的竖直分量与水平分量的比值。不失一般性, 可设  $\rho_{hv} < 1$ 。显然, 当  $\rho_{\sigma}$  与  $\rho_A$  同量级或可相比拟时, 上式右边两项都不能忽略, 因此无法给出单只待测偏光镜的消光比。

为了真正给出待测偏光镜的消光比, 采用两只主截面平行的高精度偏光镜叠合作为标准起偏系统, 容易证明, 此时与(2)式相应有

$$\frac{S_{hv}}{S_{hh}} = \rho_{\sigma} + \rho_{hv}\rho_A\rho_B \quad (3)$$

$S_{hh}$ 、 $S_{hv}$ ——待测镜与起偏系统主透射面平行和垂直时的透射光强。很显然, 由于  $\rho_{\sigma}$ 、 $\rho_A$ 、 $\rho_B \ll 1$ , 上式右边第二项远小于第一项, 可以忽略, 所以

$$\frac{S_{vh}}{S_{hh}} \approx \rho_{\sigma} \quad (4)$$

只要测出待测偏光镜的两主透射光强  $S_{hh}$  和  $S_{hv}$ , 由(4)式即可定出待测偏光镜的消光比  $\rho_{\sigma}$ 。

### 三 测量系统

根据上述测量原理和方法, 设计并建立了高消光比测试系统(图1)。该系统以 He-Ne 激光

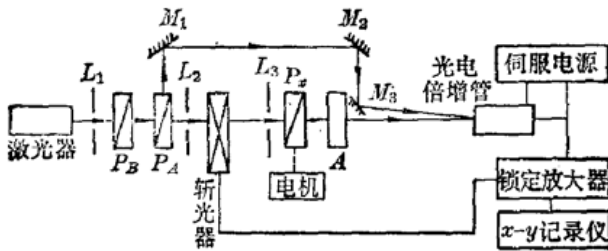


图1 测试系统简图

$P_A$ 、 $P_B$ ——起偏镜;  $P_x$ ——待测偏光镜;  
 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ ——反射镜;  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ——光阑;  
 $A$ ——衰减器

为测试光源; 偏光镜  $P_A$ 、 $P_B$  主截面平行, 组成标准起偏系统;  $P_x$  为待测偏光镜, 置于多维调节架上并可绕光轴连续转动。为了减小弱光测量时杂散光的影响, 提高测量的信噪比, 检测部分采用相敏检测技术。最后由  $x-y$  记录仪绘出曲线。该系统采取了一系列新的设计, 从而使系统有极高的灵敏度和精度。

首先, 光源强度起伏是引起测量误差的主要因素之一, 通常人们采用双光路双探测器比较

法来消除这一影响, 然而双探测器的响应特性不对称给该方法带来明显的缺点。我们提出了一种新方法——伺服法, 并获得了非常满意的效果。该方法将参考光束(未斩光)与探测光束(被斩光)由同一个光电倍增管接收, 根据光电倍增管的增益对其工作电压的变化非常灵敏的特性, 由参考光束通过伺服电源控制光电倍增管的工作电压, 使其增益自动补偿光源强度的变化, 从而有效地消除光源起伏的影响。因该方法只用一只探测器, 从而避免了双探测器不对称性引起的系统误差。实际测量和应用表明, 该方法可使光源不稳定性影响降到 0.2%。

第二, 透过两偏光镜的光强随其主截面之夹角  $\theta$  的变化是非常灵敏的, 尤其是在接近垂直时更是如此。在测量  $S_{hh}$  和  $S_{hv}$  时通常, 是用手转动待测偏光镜, 使之与标准起偏器主截面“平行”或“垂直”, 这样很难将偏光镜调到最佳位置, 因此给测量带来较大误差。本系统是采用连续旋转、同步记录的方法克服上述缺点。即由驱动系统带动待测偏光镜连续旋转, 由记录仪同步记录下透射光强的变化曲线, 在主截面垂直和平行附近曲线的示意图如图2所示。读出其中

的极大值和极小值, 即得  $S_{hh}$  和  $S_{hv}$ 。很显然, 该方法避免了夹角调节不准确给测量带来的误差, 从而提高了系统的测量精度。

第三, 为了避免由于极大值  $S_{hh}$  与极小值  $S_{hv}$  光强相差太大, 检测部分的非线性而引起的误差, 系统中采用了衰减测量法。即在测量极大值  $S_{hh}$  时, 在探测器前加一适当衰减器, 使得在测量  $S_{hh}$  和  $S_{hv}$  时, 检测系统工作条件相近。设衰减器的衰减倍数为  $K$ , 加衰减器后极大值读数为  $S'_{hh}$ , 则  $S_{hh} = K S'_{hh}$ ,

$$\rho_w = \frac{1}{K} \frac{S_{hv}}{S'_{hh}} \quad (5)$$

该系统的衰减器由一组中性衰减片组成, 由 V 形槽保证复位良好, 其衰减倍数已精确标定, 并可通过改换最后一块片进行调节。

这些设计措施有效地消除了影响测试精度的有关因素。该系统的标准起偏系统其消光比优于  $10^{-11}$ , 因此当待测器件的消光比达  $10^{-9}$  时, 入射光偏振性不纯带来的系统误差可忽略。对于检测部分, 当待测偏光镜与标准起偏系统主截面平行时, 在探测器前加置  $10^9$  倍的衰减, 测量信号仍有很好的信噪比, 表明检测系统具有足够的灵敏度, 故该系统的灵敏度可达  $10^{-9}$ 。

#### 四、测量结果及误差分析

利用该系统对我所生产的几种偏光镜的消光比进行了测量, 结果如表 1 所列。

表 1

偏光镜编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
消光比 $\rho_w$	$1.88 \times 10^{-7}$	$2.36 \times 10^{-8}$	$2.03 \times 10^{-7}$	$1.39 \times 10^{-7}$	$1.07 \times 10^{-7}$	$1.65 \times 10^{-7}$	$8.85 \times 10^{-8}$	$2.95 \times 10^{-8}$

同时, 我们还对同一偏光镜进行了多次测量, 结果重复性很好, 如表 2 所列。这表明所建系统是稳定可靠的。

表 2

测量次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
消光比	$2.36 \times 10^{-8}$	$2.31 \times 10^{-8}$	$2.40 \times 10^{-8}$	$2.30 \times 10^{-8}$	$2.31 \times 10^{-8}$	$2.46 \times 10^{-8}$	$2.42 \times 10^{-8}$	$2.38 \times 10^{-8}$	$2.34 \times 10^{-8}$
平均值	$2.37 \times 10^{-8}$				相对偏差: $\pm 4\%$				

消光比测量中, 误差来源主要是入射光的部分偏振性、光源起伏、检测部分的非线性、衰减器衰减倍数的标定误差等。通过前面的分析可以看出, 整个系统中的主要误差来源于衰减器衰减倍数的标定误差, 其大小为  $\pm 3\%$ , 和记录仪的读数误差  $\pm 0.5\%$ 。其它误差均可忽略, 故系统测量误差不大于  $\pm 4\%$ 。

#### 参 考 文 献

- 1 傅济时 *et al.*, 应用激光, 5(3), 115(1985),
- 2 李景镇主编, 光学手册(陕西科学技术出版社, 1984)

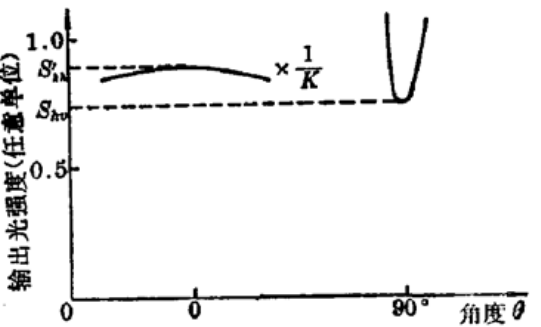


图 2 通过被测偏光镜的输出光强与角  $\theta$  之关系示意图