

芯飞睿技术参数十问 系列

消光比

消光比

一、什么是光的偏振

想要了解偏振消光比，首先就需要了解一个概念偏振。偏振是指横波的振动矢量(垂直于波的传播方向)偏于某些方向的现象。纵波不发生偏振。

光是一种横波，也就是一种振动方向和波前进方向相互垂直的波。波的振动方向只限于某一固定方向的光叫做“偏振光”，其振动方向叫做“偏振方向”。如同下图中被摇动着的绳子。

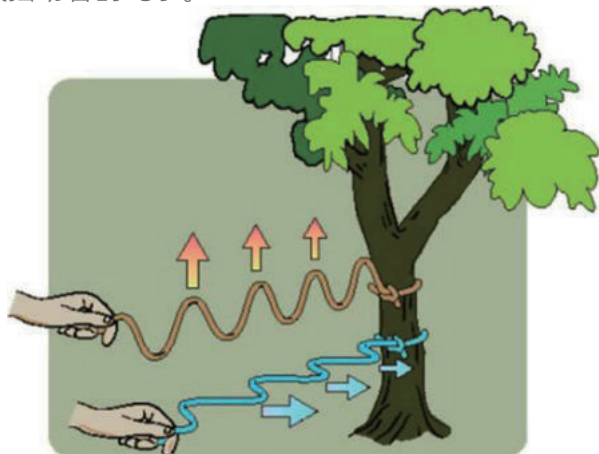


图1.偏振方向示意图

偏振片就好比是一条缝隙。缝隙只会让平行于它摇动的波通过。垂直于它摇动的波的能量会因绳子撞到缝隙的壁而被缝隙的壁吸收掉。



图2

二、什么是消光比

实际的偏振器件总不是理想的，自然光透过后获得到的不是完全的线偏振光，而是部分偏振光。因此，即使两个偏振器的透光轴互相垂直，透射光强也不为零。称这时的最小透射光强与两偏振器透光轴互相平行的最大透射光强之比称为消光比。

三、该怎么表示

一般有3种表示方法

线性比= P_1 / P_0

功率测量(dB)= $10\log_{10} (P_1 / P_0)$

百分比% = $(P_0 / P_1) \times 100$

四、表征了什么

在偏振光学领域,消光比至少有 3 个方面的意义:

(1) 对于如偏振分光棱镜等产生线偏光的偏振器件,消光比定义为主透光透射比与主消光透射比的比值,用于表征偏振器件获取线偏光的能力。

(2) 要求线偏光垂直样品光轴入射,由于样品具有一定厚度,因此出射光会产生寻常光(o光)和非寻常光(e光)的相位差,偏振态改变,此时的消光比反映的是晶体内部应力双折射的大小。

(3) 适用于线偏光沿晶体光轴入射的情况,此时光偏振态不改变,光矢量方向旋转一定角度,因此这个消光比可表征晶体的旋光性质。

五、影响因素

消光比的影响因素可以从以下方面考虑:

第一， 温度差异。温度的差异会导致电路元件参数的改变，影响功率，从而引起消光比变化。

第二， 光路洁净度差异。光路的洁净度会影响光功率的损耗，但是 P_1 与 P_0 的功率变化值不是线性关系（分子分母减去同一个值），根据定义消光比会变大。

第三， 起偏器，检偏器本身消光比对消光比的影响。

第四， 光波偏振态直接决定了消光比的大小。

六、为什么要测试

消光比是晶体材料和偏光器件的主要光学参数之一，其大小是衡量偏光器件性能优劣的重要指标，偏光器件在加工完成后和实际使用之前都需要确切知道其消光比参数。消光比测量的精确程度将影响到利用偏光器件对各种光辐射的偏振性质进行测量和鉴别的检测精度，以及利用偏光器件对其它具有偏光变换性质的光学器件和仪器系统的偏振响应的检测和分析。随着激光偏光技术的不断发展偏光器件日益广泛地应用在光纤通信、偏光导航、光调制、光电检测以及光传感等技术领域。因此偏光器件消光比的精确测定对于现代化信息技术的发展有着十分重要的意义。

七、在什么范围内

偏振消光比是沿偏振主态方向分解的两个正交偏振分量之间的比例关系，单位是dB。100: 1意味着20dB，10000: 1意味着40dB。



对于起偏器来说，消光比越高，将输入光变为线偏振光的能力就越强。对于光源来说，消光比越高输出光就会越接近于线偏振光。理论上线偏光的能量完全集中于一个方向上，消光比无穷大；圆偏光的能量平均分布于两正交方向上，消光比为0；椭圆偏振光，消光比介于0和无穷之间；由于各轴上的能量都相等，非偏振光的消光比为0。实际上40dB消光比已经相当高了，低偏光源的消光比一般小于0.5dB。

典型值因器件而异，在许多无源器件中为18-20dB，在一些偏振器或偏振光波导中为50-60dB或更高。PER也可以作为一个代理测量偏振度(DOP)的退偏器或低偏振光源。在这种情况下，PER将接近0，因为光均匀地分布在所有偏振。消光比愈小，偏振器件产生的偏振光的偏振度高。人造偏振片的消光比约为 $10 \sim 10^{-3}$ 。

八、测量方法

现有的消光比测量方法有双光路法、正交偏光法、双棱镜法、双调制法、高消光比法等。

双调制法

偏振棱镜的消光比定义为：

$$\rho = \frac{T_2}{T_1} \quad (1)$$

其中： T_1, T_2 为待测偏振棱镜的主透射比。设 I_0 为从起偏器出射并入射至待测偏振棱镜的线偏振光光强，由马吕斯定律可知，出射光强满足：

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (2)$$

式中： α 为待测偏振棱镜晶体光轴与起偏器光轴之间的夹角。令 I_1 为 $\alpha=0^\circ$ 即两晶体光轴平行时的出射光强， I_2 为 $\alpha=90^\circ$ 即光轴垂直时的出射光强，有 $I_1 \gg I_2$ 。由于 $T_1 = I_1 / I_0$ ， $T_2 = I_2 / I_0$ ，因此偏振棱镜的消光比也可通过检测光强值得出，即：

$$\rho = \frac{I_2}{I_1} \quad (3)$$

式(2)提出，夹角误差 $d\alpha$ 的存在会影响出射光强的检测，当 $d\alpha=0.5^\circ$ 时，光强的检测误差约为 $0.09I_0$ 。如果要消光比参数的测量精度达到 10^{-6} ，需要精确测量光强值，因此要求夹角误差非常小。本实验采用磁光调制的方法实现待测偏振棱镜的晶体光轴与起偏器光轴夹角的高精度定位，进而完成消光比参数的精确测量。

实验时，将待测偏振棱镜放入主光路并置于电动旋转台上，开启磁光调制器，旋转待测偏振棱镜使探测器处于消光位置，且 $|K| \leq K$ ，此时 $\alpha=90^\circ$ ；保持待测偏振棱镜位置不变，关闭磁光调制器并开启斩波器对光强信号进行方波调制，探测到消光位置的光强值 I_2 。

同理继续旋转待测偏振棱镜，使 $|K| \leq K_0$ ，此时 $\alpha=0^\circ(180^\circ)$ ，并测出两偏振棱镜晶体光轴平行时的光强值 I_1 ，这样根据式(3)可得待测偏振棱镜的消光比。

正交偏光法

图4是消光比的测量原理装置简图，L为532 nm 激光光源， P_1 、 P_2 分别为起偏器和检偏器，S为待测样品，D为光功率计，光功率计和计算机相连以便数据的导出。

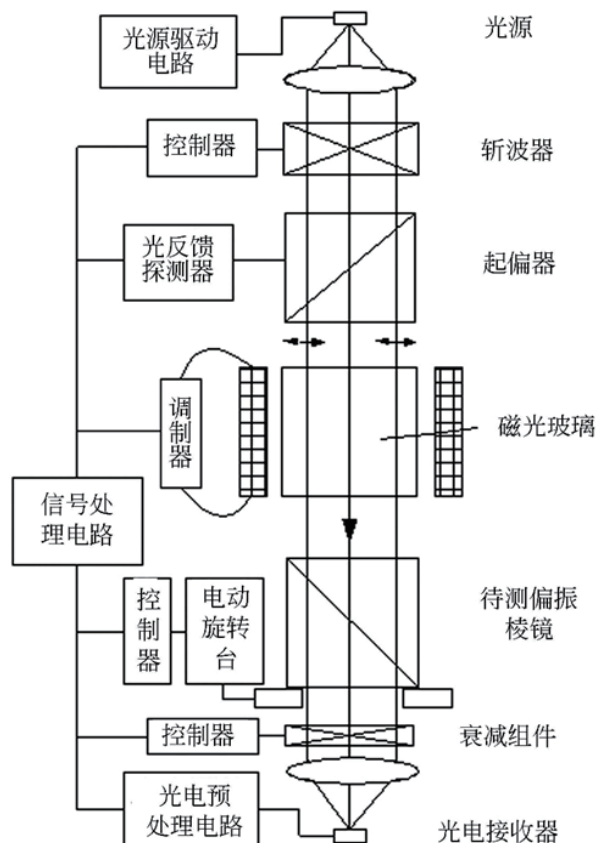


图3

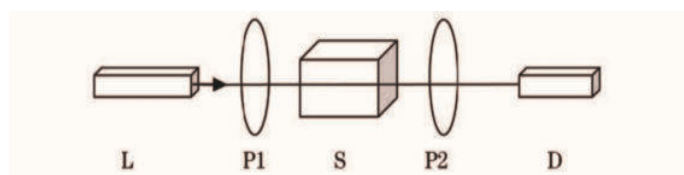


图4消光比测量装置简图

测试中，首先以光线为轴旋转样品，使其晶体光轴平行(或垂直)于线偏振光矢量的振动方向；然后步进电机带动检偏器以光线为轴连续旋转，计算机记录最小光强值 $I_{\perp}$ 与最大光强值 $I_{\parallel}$ 。将测得的光强代入下式，计算得到被测样品的消光比

$$\rho = 10 \lg(I_{\parallel} / I_{\perp})$$

为了减小测量误差，多次测量取平均值作为样品的消光比测试结果。

国家标准GB/T11297.12-2012《光学晶体消光比的测量方法》中,是用波长为632.8nm的一束光波沿被测晶体光轴方向透过一个置于正交偏光系统中的被测晶体,以光轴为轴旋转晶体,测量出透射光强最大值,然后转动检偏器成平行偏光系统,测量出透射光强值,通过式 $EX=I_{\parallel}/I_{\perp}$ 计算消光比(EX)。

双棱镜法

只需要两只待测棱镜和一般的准直探测系统,优点在于无需标准起偏器件即可同时测定两只待测棱镜的偏光参数。测量结果不受光源的部分偏振效应和探测器偏振响应的影响,而且能同时测出仪器的偏振参数。适合于在分光光度计、单色仪等仪器上进行连续谱测量,易实现数据的自动化处理。不足之处在于实验需要测量的参量比较多,而且所测量的参量容易受到外界影响,测量精度难以提高,并且计算相当复杂繁琐。测量原理相对简单,实际操作繁琐。

高消光比法

为了消除光源的偏振性,采用两个主截面相互平行的高质量偏光棱镜组合作。

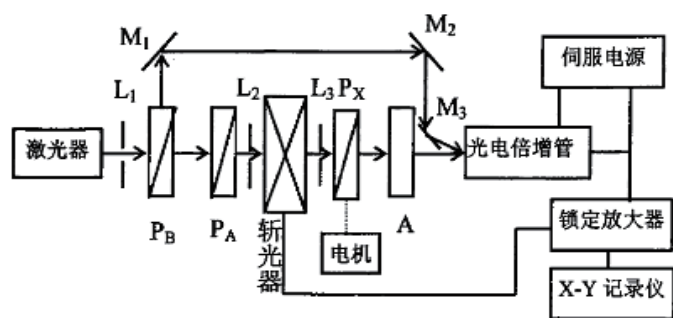


图5 高消光比测试原理图

为标准起偏器,提高起偏效果。对于光源的起伏通过伺服电源来控制,对于极小值点测量数据手动调节不准的难题,采用连续旋转、同步记录的方法,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,根据记录结果进行数据处理,从而得到待测偏光镜的消光比。

九、实验中的误差来源

- (1) 光源不稳定性、起偏器消光比、样品吸收的不均匀性。
- (2) 系统较为复杂、需使用衰减器或频繁调节光路等不足,从而引入较多误差。
- (3) 光线非垂直入射引起的透射光强的非线性波动。
- (4) 消光位置定位误差引起的测量误差。

十、注意事项

- (1) 测量系统应处于无振动、无空气流动的环境中。
- (2) 测量系统应采用光屏蔽措施。
- (3) 被测晶体置于V形槽上,应避免任何引起晶体受应力的因素。
- (4) 测量前应使被测晶体与环境温度相同。

参考文献

- [1] <https://baike.baidu.com/item/%E6%B6%88%E5%85%89%E6%AF%94/8187784>
- [2] 常闪闪,麻云凤,廖利芬,程旺.《激光与光电子学进展》2019-06.
- [3] 李春燕,吴易明,高立民,陆卫国,肖茂森.采用双调制方式测量消光比参数.《光学精密工程》2014-03.
- [4] 吴福全,吴闻迪,苏富芳,史萌.有色冰洲石晶体退色及光学性能的研究.《光学学报》2015-09.
- [5] GB/T11297.12-2012《光学晶体消光比的测量方法》.
- [6] <https://zhuanlan.zhihu.com/p/31588535>
- [7] 姚海涛.高消光比测试系统中光电倍增管的偏振效应.曲阜师范大学.



有什么问题请联系我们的
技术工程师,在线为
您解答



了解更多资讯,请关
注我们的公众号--上海
芯飞睿科技有限公司

