

偏振光检验纤维成熟度和双折射率

主 编 宋钧才 殷立德

副主编 魏秀珍 宋 琦

海 南 出 版 社

偏振光检验纤维成熟度和双折射率

主 编 宋钧才 殷立德

副主编 魏秀珍 宋 琦

海 南 出 版 社

(琼)新登字 03 号

偏振光检验纤维成熟度和双折射率

宋钧才 殷立德 主 编

魏秀珍 宋 琦 副主编

海南出版社出版发行

(海口市滨海大道花园新村 20 号

邮编 570000)

长城印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 4.5 印张 90 千字

1994 年 12 月第一版 1994 年 12 月第一次印刷

印数 1—1000

ISBN7—80590—327—1/G·200 定价:5.50 元

主 审 吕柏祥

主 编 宋钧才 殷立德

副主编 魏秀珍 宋 琦

编 委 (按姓氏笔画)

孙培敏 孙建民 宋钧才 宋 琦

殷立德 高晓红 谢小济 魏秀珍

内 容 提 要

本书系在棉花检验、化纤检验等专业教学和研究的基础上,结合当前纤检事业发展需要而编写的。全书共分四章。概述了偏振光原理和偏光显微镜。重点介绍了偏光显微镜和偏光成熟度仪检验棉纤维成熟度。并较详细地讲解了偏振光测量纤维双折射率的六种方法。可供棉纺厂、化纤厂、棉花检验站、纤维检验和商品检验单位及其他有关方面之应用。亦可做大、专院校师生教学、科研之参考用书。

目 录

第一章 偏振光

- 1 偏振光、偏振片
- 2 光波的横波性与五种偏振光
- 3 双折射
- 4 直线偏振光通过棉纤维产生椭圆偏振光
- 5 偏光器件

第二章 偏光显微镜

- 1 原理
- 2 结构
- 3 聚光镜
- 4 附件
- 5 型式

第三章 偏振光检验棉纤维成熟度

- 1 偏光显微镜检验棉纤维成熟度
- 2 棉纤维偏光成熟度仪

第四章 偏振光测量纤维双折射率

- 1 概述
- 2 浸没法(贝克法)

- 3 色那蒙补偿法
- 4 贝瑞克补偿法
- 5 多种补偿法
- 6 干涉显微镜测定法

第一章 偏振光

一、偏振光、偏振片

光波的性质指出,光波是一种电磁波的特例,它是由发光体内的分子或原子内部辐射出来,任何电磁波都可由相互垂直的振动矢量即电场强度 E 或磁场强度 H 来表示。电磁波的传播方向就是 E 与 H 的重直线方向。因此光波是横波。见图 1

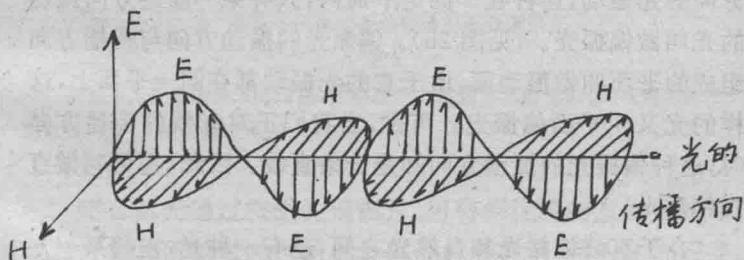


图 1 电磁波中 E 矢量和 H 矢量分布

实验表明,在光波的 E 振动和 H 振动中,引起感光作用的是 E 振动,所以把矢量 E 叫做光矢量,而把 E 振动叫做光

振动。

在一般光源中(激光除外),光是构成这个光源的大量分子或原子发出的光波合成的。由于这些分子或原子发光是自发的,独立的,所以在一般光源发出的光中包括各个方向的矢量,没有哪一个方向比其它方向占优势。也就是说,在所有可能的方向上, E 振动都相等,这种光叫做自然光。如图 2

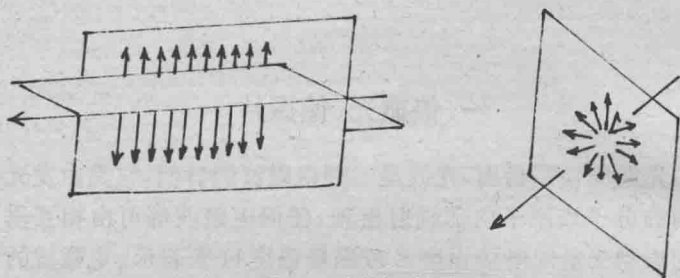


图 2 光波的振动方向

自然光经某些物质反射、折射或吸收后,可能只保留某一方向的光振动。这种在一固定平面内,只有某一固定方向振动的光叫做偏振光。(见图 2b)。偏振光的振动方向与传播方向组成的平面叫做振动面。由于它的光振动都在同一平面上,这样的光又叫平面偏振光。可是,当我们正对光线的传播方向时,这种偏振光的振动方向却是一条直线。因此,也可叫做直线偏振光。

介于直线偏振光和自然光之间,还有一种光,它的某一方向的光波振动比另一方向的光波振动占优势,这样的光为部分偏振光。

在习惯上,偏振光的图示法可见图 3

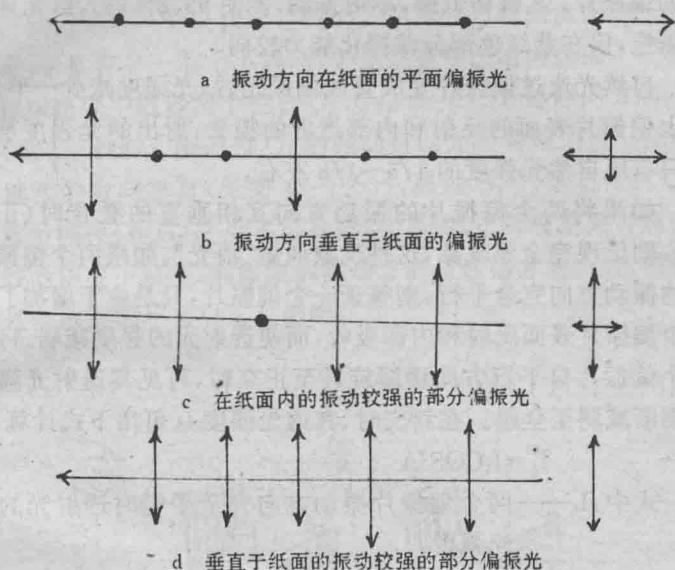


图 3

使自然光变成偏振光的过程,在物理学上就称为光的偏振化,与偏振化相反的过程,则叫光的退偏振化。

偏振片

使自然光通过特制的偏振片,可得到纯粹的直线偏振光。偏振片按其所制做时用的材料可分成两类。一类为冰洲石类,即尼科尔棱镜类,另一类为人造偏振片。目前我们广泛使用的是分子型偏振片,它的原理是利用聚乙烯醇塑胶膜内部具有网状结构的分子,使这些分子伸直,并平行排列在同一方向上。此时胶膜只允许平行分子排列方向的光振动通过,因而产

生直线偏振光。制做分子型偏振片时经制膜、浸碘、拉伸、胶合四个步骤制成，制造工艺比较简单，它可以制成任意大小和形状的偏振片。其价格低廉，不怕振动，能使 99.8% 的入射光直线偏振，仅在紫红色部分偏振化能力较弱。

自然光通过偏振片变成直线偏振光后，光强度减少一半，加上偏振片表面的反射和内部透射的损失，射出的光强度至多只有原自然光强度的 $1/6 \sim 1/8$ 左右。

如果将两个偏振片的振动方向互相垂直的叠合时(正交)，则出现完全黑现象，这种现象叫做“消光”。如果两个偏振片的振动方向完全平行，则等于一个偏振片，只是由于增加了一个偏振片表面反射和内部吸收，而使透射光的强度减弱。将两个偏振片自平行方向缓缓旋转至正交时，可见其透射光强度逐渐减弱至全黑。在斜交时，其透光强度 I_2 可用下式计算

$$I_2 = I_1 \cos^2 A$$

式中： I_1 ——两个偏振片振动方向完全平等时透射光的光强度。

A_1 ——一个偏振片从平行方向旋转的角度。

我们山东省纤维检验局制做偏振片已有二十多年的历史，积累了很丰富的实践经验，关于偏振片的制造工艺，我们将在其它文章中另行介绍。

二、光波的横波性与五种偏振态

1、偏振现象与光的横波性

人们对于光的认识，开始仅仅认识光的“直进性”。以后，人们又从光的某些特性认识到光并不是像几何学上的直线那

样前进,而是显出波动的特征,这就是光的“波动性”。而且经过反复多次实验证明,光是电磁波的一种特例,光是一种横波。我们先看一个机械波的例子。如图—1,将橡皮绳的一端固定,手拿着另一端上下抖动,于是就有横波沿绳传播。在波的传播路径中放置两个栏杆 G_1, G_2 。如果二者缝隙的方向一致(见 1—4(a)),则通过 G_1 的振动可以无阻碍地通过 G_2 ;如果缝隙的方向垂直(见图 1—4(b)),通过 G_1 的振动传到 G_2 处就被挡住,在 G_2 之后不再有波动。显然,这种现象只可能在横波的情况下发生,而纵波的振动方向与传播方向一致,栏杆的任何取向都不会对它有影响。

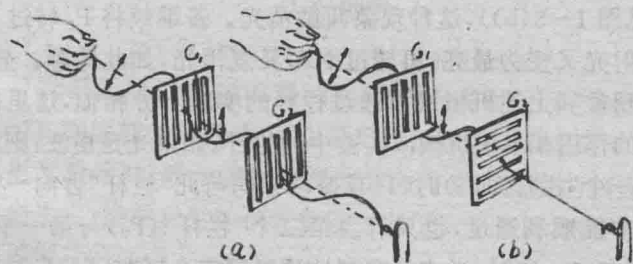


图 1—4 用机械横波模拟光的偏振现象

现在我们来看一个类似的光学实验。有一种叫做偏振片的器件,它表面看起来和普通的薄膜没有什么区别,可能略带一些暗绿或紫褐的色彩,但它们的特殊性能将在图 1—5 所示的实验中显示出来。让光线依次通过两块偏振片 P_1 和 P_2 。 P_1 固定不动,以光线为轴转动 P_2 。

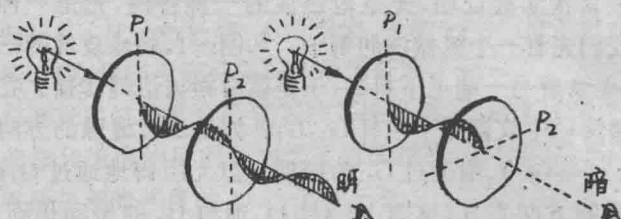


图 1—5 光的偏振现象的演示

我们会发现,随着 P_2 的取向不同,透射光的强度发生变化。当 P_2 处于某一位置时透射光的强度最大(图 1—5(a)),由此位置转过 90° 后,透射光的强度减为 0,即光线完全被 P_2 所阻挡(见图 1—5(b)),这种现象叫做消光。若继续将 P_2 转过 90° ,透射光又变为最亮,再转过 90° ,又复消光,如此等等。显然,这现象和上述机械横波通过栏杆的实验十分相似,这里偏振片的作用相当于机械波实验中的栏杆。如果光是横波,则经过第一个“栏杆”(P_1)时,只有振动方向与此“栏杆”方向一致的光才能顺利通过,也只有当第二个“栏杆”(P_2)与第一个“栏杆”方向一致时,光才能顺利地通过第二个“栏杆”。当然偏振片并不是栏杆,我们说它起“栏杆”的作用只是为了易于理解而作的直观比喻。然而,偏振片所起的作用反映了它上面也存在着一个特殊方向,使光波中的振动能顺利地通过。上述实验同时也反映了光波本身的性质,即它的振动方向与传播方向垂直,光波是横波。

我们察看天空的一部分散射光也可以看到偏振光(见图 1—6)。天空中的偏振光取决于太阳的位置,主要是与太阳、那

部分天空以及你这个观测者所构成的平面相垂直的。太阳接近地平线时,头顶上的光线偏振度最大;当你面向太阳或者背着太阳或者朝着太阳对面的地平线进行观测时,偏振度就降低。

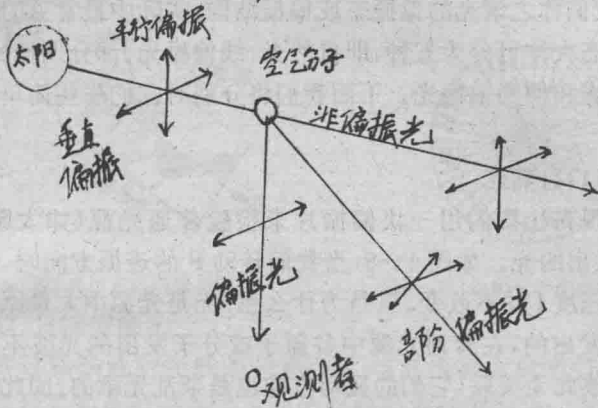
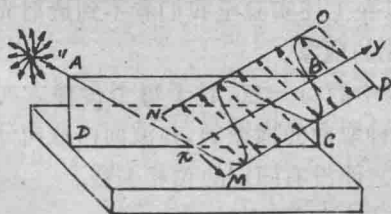


图 1—6 阳光经过空气分子的散射成为偏振光

我们还可以通过偏振片观察桌子表面的反射光(见图 1—7),缓缓转动偏振片,可以看到桌面反射光有亮暗变化,当反射光最暗时,表示偏振片振动方向与桌面反射的偏光振动方向垂直。桌面反射的偏光振动方向平行于桌面,这样可以测出偏振片的振动方向。



ABCD—入射面

ax—入射的自然光

xy—反射光

op—反射光振动方向,它平行反射平面,垂直于射面

图 1—7 自然光在非金属平面反射后变成部分偏光

2、光的五种偏振态

光的横波性只表明电矢量与光的传播方向垂直,在与传播方向垂直的二维空间里电矢量还可能有各式各样的振动状态,我们称之为光的偏振态或偏振结构。实际中最常见的光的偏振态大体可分为五种,即自然光、线偏振光、部分偏振光、圆偏振光和椭圆偏振光。下面我们将分别对它们作些简单的介绍。

(1) 自然光

现在让我们用一块偏振片来检验普通光源(如太阳、电灯)发出的光。如图 1—8,当我们转动 P 的透振方向时,透射光的强度 I 并不改变。这是为什么呢?光是光源中大量原子或分子发出的,在普通光源中各原子或分子发出的光波不仅初位相彼此无关联,它们的振动方向也是杂乱无章的。固此宏观看起来,入射光中包含了所有方向的横振动,而平均说来它们对于光的传播方向形成轴对称分布,哪个横方向也不比其他横方向更为优越(见图 1—9)。具有这种特点的光叫做自然光。任何光线通过偏振片后剩下的只是振动沿其透振方向的分量,透射光的强度等于这分量的平方。由于自然光中各振动的对称分布,它们沿任何方向的分量造成的强度 I 都一样,它等于总强度 I_0 之半,所以在上述实验里我们看不到透射光强度随偏振片的转动而变化的现象。

总之,在自然光波场中的每一点,对于每个传播方向来说,同时存在大量的有各种取向的横振动,在波面内取向分布的几率各向同性,且彼此之间没有固定的位相关联。

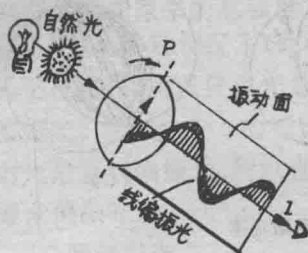


图 1—8 自然光的演示

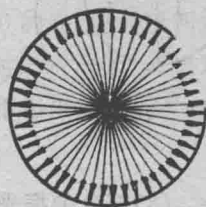


图 1—9 自然光中振动的分布

(2) 直线偏振光

透过偏振片的光线中只剩下了与其透振方向平行的振动。这种只包含单一振动方向的光叫做直线偏振光。直线偏振光中振动方向与传播方向构成的平面，叫做振动面（见图 1—8）。

现在我们来研究直线偏振光通过偏振片后强度变化的规律。仍采用图 1—8 所示的装置，其中偏振片 P_1 用来产生直线偏振光，按照它在这里所起的作用，我们叫它起偏器，偏振片 P_2 用来检验直线偏振光，所以叫做检偏器。没通过两偏振片的振动矢量分别是 E_1 和 E_2 ，振幅分别是 A_1 和 A_2 ，从而强度是 $I_1 = A_1^2$ 和 $I_2 = A_2^2$ 。固定 P_1 ，改变 P_2 的透振方向。当 P_2 的透振方向与 P_1 平行时（见图 1—10(a)）， $E_2 \parallel E_1$ ， $A_2 = A_1$ 。转过角度 θ 时， E_2 是 E_1 在 P_2 方向上的投射，从而 $A_2 = A_1 \cos \theta$ ，故

$$I_2 = A_2^2 = A_1^2 \cos^2 \theta = I_1 \cos^2 \theta \quad (1-1)$$

（见图 1—10(b)）。 $\theta = 90^\circ$ 时， $A_2 = 0$ ， $I_2 = 0$ （图 1—10(c)）。式

(1—1)所表达的直线偏振光通过检偏器后透射光强随 θ 角变化的这种规律,叫做马吕斯定律。

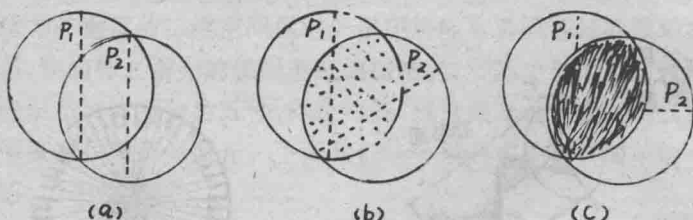


图 1—10 马吕斯定律

(3)部分偏振光

经常遇到的光,除了自然光和线偏振光外,还有一种偏振状态介于两者之间的光。如果用偏振片去检验这种光的时候,随着检偏器透光方向的转动,透射光的强度既不像自然光那样不变,又不像直线偏振光那样每转 90° 交替出现强度极大和消光。其强度每转 90° 也交替出现极大和极小,但强度的极小不是0(即不消光)。从内部结构来看,这种光的振动虽然也是各方向都有,但在不同方向的振幅大小不同(见图 1—11),

具有这种特点的光,叫做部分偏振光。所以当我们用检偏器检验部分偏振光时,透射光的强度随其透振方向而变。设强度的极大和极小分别是 $I_{\text{极大}}$ 和 $I_{\text{极小}}$,两者相差越大,我们就说这部分偏振光的偏振程度高。通常用偏振度 P 来衡量部分偏振光偏振程度的大小,它定义为

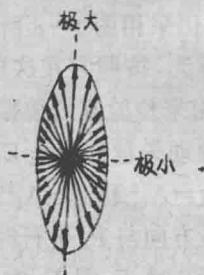


图 1—11 部分偏振光中的振动分布