



中华人民共和国国家标准

GB/T 28609—2012

光学功能薄膜 聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)薄膜 双折射测定方法

Optical functional films—
Polyethylene terephthalate(PET)—
Determination of birefringence

2012-06-29 发布

2012-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法参考 ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)(英文版)《透明或半透明塑性材料中双折射及残余应变的光弹试验方法》编制,与 ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)的一致性程度为非等效。

本标准与 ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)的主要差别如下:

- ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)中对于薄膜相延迟超过补偿器量程范围的试样只是在 6.1.4.3 中进行了简单的介绍,在光路中再加入一个定值补偿器,并没有详细的操作说明,而本标准进行了详细的说明;
- ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)中采用补偿器法,而本标准使用赛纳蒙(Senarmont)旋转检偏器法;
- ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)使用白光光源,而本标准采用单色光光源;
- ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)中另有涉及面内双折射使用的斜入射测试部分,本标准没有涉及面内双折射;
- ASTM D4093:1995(Reapproved 2005)中关于残余应变的部分本标准没有涉及。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国光学功能薄膜材料标准化技术委员会(SAC/TC 431)归口。

本标准起草单位:合肥乐凯科技产业有限公司、中国乐凯胶片集团公司、天津乐凯薄膜有限公司。

本标准主要起草人:焦聪宣、李保民、高青、李宇航、刘新省。

引 言

光在真空中的传播速度为 $c(3 \times 10^8 \text{ m/s})$, 在透明介质中的速度为 v , v 总是小于 c , 它们之比称为折射率, 即折射率 $n=c/v$, 对各向同性材料, 折射率是与光线振动方向和传播方向无关的一个常数。大多数玻璃和塑料在无应力状态下是各向同性材料, 各方向的折射率是相同的。当各向同性材料受到应力或发生应变时, 就会产生各向异性, 折射率就具有了方向性, 此时需要用三个主折射率来代替。折射率的变化与应变的大小有关, 如果透明材料没有发生应变时的折射率为 n_0 , 发生应变后三个主折射率 n_i 就是所受应变的线性函数:

$$n_i - n_0 = \sum A_{ij} S_j$$

式中 $i=1, 2, 3$ 表示三个方向(直角坐标系中用 X, Y, Z 表示), n_i 表示三个方向的折射率, $j=1, 2, 3$ 与 i 一样表示三个方向, S_j 表示三个方向上产生的应变。在各向同性材料中, 用两个常数 A 和 B 表示材料受应力发生的应变与由此产生的各向异性之间的关系:

当 $i=j$ 时, $A_{ij} = A$;

当 $i \neq j$ 时, $A_{ij} = B$

PET 薄膜生产过程中, 经双向拉伸后定形, 设定薄膜平面为 XY 平面, 可认为薄膜在 X 及 Y 方向受力发生应变, 在 Z 方向上没有应变。

当偏振光线垂直透过透明材料, 该材料的两个主应变 S_1 和 S_2 位于此透明材料平面内, 入射光线的偏振方向与 S_1 和 S_2 都不一致, 此时偏振光线就会分裂为两个分别在 S_1 和 S_2 应变方向振动的分量, 如 v_1 和 v_2 分别表示两分量的速度, 其折射率则为 $n_1 = C/v_1$, $n_2 = C/v_2$, 两束光线的折射率之差就称为此材料的双折射。

$$\Delta\delta = n_1 - n_2 = (A - B) \times (S_1 - S_2) = K \times (S_1 - S_2)$$

折射率之差正比于两个主应变的差值, K 称为应变光学常数, 它是物性常数, 反映材料的性能。由于这两束光线传播速度不同两分量不再同步, 当透过厚度为 t 的材料时, 形成光程差, 这两个在不同平面 S_1 和 S_2 内振动的偏振光线先后穿过材料后所产生的相对距离, 称为延迟(延迟量) R , R 可用下式表示:

$$R = (n_1 - n_2) \times t = K \times t \times (S_1 - S_2)$$

式中: t 表示材料的厚度。

由于 $\Delta\delta = n_1 - n_2 = R/t$, 因此双折射也可表述为材料单位厚度产生的相延迟。

双折射测量的目的有两个:

- 1) 找出薄膜中主应变(即主应力)的方向;
- 2) 确定延迟量的大小, 进而求得双折射的大小。

采用偏振光产生光学干涉, 通过补偿法测量光程差。

塞纳蒙补偿法中检偏器旋转 180° 相当于一个波长的相延迟。

当一束偏振光垂直入射到薄膜上, 就会分裂成在主应变 S_1 和 S_2 方向上振动的两束偏振光, 这两束光的折射率 n_1 和 n_2 与主应变有关。

$$n_1 - n_0 = AS_1 + B(S_1 + S_2)$$

$$n_2 - n_0 = AS_2 + B(S_1 + S_2)$$

式中: n_0 是无应变各向同性时的折射率; A 和 B 是与材料相关的常数。

从以上公式可以得出:

$$n_1 - n_2 = (A - B) \times (S_1 - S_2)$$

折射率($n_1 - n_2$)就是双折射 $\Delta\delta$ 。

光学功能薄膜

聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)薄膜

双折射测定方法

1 范围

本标准规定了使用塞纳蒙法测量聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)薄膜双折射的方法,包括测定主应变方向及相延迟两部分。

本标准适用于单向或双向拉伸工艺制造的 PET 薄膜,应用拉伸工艺制造的其他塑料薄膜也可使用。

注:本标准只涉及薄膜表面双折射,对于面内双折射不考虑。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

应变 strain

单位长度产生的变形,它分为制造过程中引入的永久性塑性应变和存在应力时的弹性应变,这两种应变都会产生应变双折射。

2.2

光轴方位角 optical orientation

试样主应变慢轴方向与试样 *TD*(薄膜在制造设备上传动的方向称为 *MD* 方向,与 *MD* 垂直的方向称为 *TD* 方向,即卷材的横向)方向之间的夹角。

2.3

延迟量 retardation

光线透过双折射材料后两个波面之间的间距,也称为相对延迟量。

2.4

双折射 birefringence

薄膜折射率的各向异性,一般由机械或热应变产生,此时折射率取决于偏振面的取向和光束的传播方向,通常由材料制造时的应变以及材料中晶体取向的各向异性所产生。也可表述为单位厚度的相延迟。

3 测试设备

3.1 千分尺或厚度计

千分尺或厚度计,测试精度 1%。

3.2 塞纳蒙法偏光计

偏光计系统结构如图 1 所示。