

УДК 535.31 + 621.658.011

ОШИБКИ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗНОСТИ ФАЗ ТОНКИХ АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Г. СТАРОВОЙТОВ, И. А. ЧЕРКАСОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Структурные изменения и остаточные напряжения в тонких анизотропных материалах (химические волокна, пленки и т. д.) в процессе их производства традиционно контролируются измерением величины двулучепреломления на каждой стадии изготовления в диапазоне от $2 \cdot 10^{-3}$ до $9 \cdot 10^{-3}$ с точностью $\pm 0,1 \cdot 10^{-3}$ [1–3]. Измерение двулучепреломления позволяет наблюдать за процессом вытяжки химических волокон и пленок, и его величина определяет меру ориентационного упорядочивания аморфных и кристаллических макромолекул. При применении поляриметра с компенсатором Сенармона [2, 3], разность фаз введения измеряемым образцом равна удвоенному углу 2γ поворота анализатора угла гашения света.

Оптическая схема поляриметра состоит из различных компонент, которые изменяют состояние поляризации выходного излучения. К числу этих компонент относят фазосдвигающие устройства ($\lambda/4$) и поляризаторы. Главное направление пластинки $\lambda/4$ может не совпадать с направлением колебаний, пропускаемых поляризатором, что сказывается на качестве продукции.

Целью настоящей работы является исследование влияния изменения главных направлений пластинки $\lambda/4$ на точность измерения двулучепреломления в тонких анизотропных материалах.

Путем использования формализма матриц Мюллера для определения инструментальной погрешности, вносимой фазовой пластинкой, интенсивность света после анализатора определяется зависимостью

$$I = 1 + \cos 2\gamma \cdot \cos^2 2\alpha \cdot \cos \delta - \sin 2\gamma \cdot \cos 2\gamma \cdot \cos 2\delta,$$

где α – угол, составленный главным направлением пластинки $\lambda/4$ и направлением пропускания поляризатора; δ – разность фаз, вводимая образцом.

Формула позволяет определить ориентацию плоскости колебаний поляризованного излучения путем равенства нулю производной по интенсивности по γ , т. к. при вращении анализатора значение γ изменяется и интенсивность становится максимальной либо минимальной.

После преобразований, с учетом того, что ошибка измерений определяется соотношением $2\tau = \delta - 2\gamma$, получим формулу

$$\operatorname{tg} 2\tau = \frac{(1 - \cos 2\alpha) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\cos 2\alpha + \operatorname{tg}^2 2\delta}. \quad (1)$$

При малых величинах углов α и τ имеем $\tau = \frac{1}{2} \alpha^2 \cdot \sin 2\tau$.

Формула определяет ошибку измерения от угла поворота анализатора как функцию угла α , составленного главным направлением пластинки $\lambda/4$ и направлением пропускания поляризатора.

Производная по τ формулы (1) определяет максимальное значение ошибки измерения

$$\operatorname{tg}2\tau = \cos2\alpha.$$

При этом максимальная величина ошибки измерения от угла поворота анализатора (табл. 1) определяется соотношением

$$\operatorname{tg}2\tau = \frac{1-\cos2\alpha}{2\sqrt{\cos2\alpha}}.$$

Табл. 1. Зависимость установки главных направлений фазовой пластинки от максимальной величины ошибки измерения

α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2τ	0,02	0,07	0,16	0,28	0,44	0,63	0,86	1,13	1,44	1,78	2,17	2,59	3,06	3,56	4,12

$\tau = \alpha^2/2$ при малых τ и α .

При установке анализатора при измерении в положении наименьшего пропускания $\cos2\gamma = -1$ и $\delta = 0$ интенсивность после поляризатора, в зависимости от угла α , определяется соотношением

$$I = \sin^2 2\alpha.$$

При малых величинах углов $I = 4\alpha^2$.

Таким образом, непараллельность главных направлений пластинки $\lambda/4$ направления пропускания поляризатора приводит к изменению угла поворота анализатора наибольшего гашения, что вводит ошибку измерения и приводит к неполному гашению света анализатором.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Василенко, А. Н.** Измерение двулучепреломления в анизотропных материалах малой толщины / А. Н. Василенко, А. Г. Старовойтов, А. В. Хомченко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2017. – № 4. – С. 137–142.

2. Оценка погрешности измерения двулучепреломления методом оптической поляриметрии / А. Г. Старовойтов [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2016. – № 3. – С. 146–151.

3. **ГОСТ 3519–91.** Материалы оптические. Методы определения двулучепреломления. – Москва: Ком. стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 17 с.