

Лабораторная работа №4

Изучение напряжений в анизотропном волноводе поляризационно-оптическим методом.

Цель работы: Измерение напряжения в ионообменном слое градиентного анизотропного волновода при помощи полярископа-поляриметра ПКС-250М.

СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ:

Создание градиентных волноводов методом ионообменной диффузии:

Большой интерес при создании градиентных волноводных слоев представляет метод ионообменной диффузии. Суть метода заключается в обмене ионов щелочных металлов, содержащихся в стекле, на ионы других металлов из расплавов солей вследствие различия их химических потенциалов. Как правило, диффундирующие из расплава в стекло ионы имеют большую удельную рефракцию, чем ионы, диффундирующие из стекла в расплав, например Ag^+ , Li^+ , Tl^+ , Rb^+ , $\text{Cs}^+ \leftrightarrow \text{Na}^+$. В результате такой замены происходит увеличение ПП в поверхностном слое стекла, что приводит к образованию волновода. Обычно ионный обмен проводят при температурах ниже T_g стекла.



A = анион (обычно NO_3), M^+ = одновалентный катион (Ag^+ , K^+ , Tl^+)

Рис.1. Схема, иллюстрирующая ионный обмен в поверхностном слое стекла

Полученные таким методом волноводы обладают минимальными потерями (0,2-0,5 дБ/см) по сравнению с волноводами изготовленными другими методами. Однако возможности свободной ионообменной диффузии ограничены существованием определенных наборов ионов - диффузانتов для конкретных типов стекол.

Кроме того при ионном обмене могут возникать внутренние напряжения из-за того, что диффундирующие из расплава в стекло имеют больший, чем ионы диффундирующие из стекла в расплав, например замена в стекле ионов Na^+ на имеющие больший размер ионы K^+ . Следствием этого является возникновение в ионообменных слоях двулучепреломления (неравенство эффективных показателей преломления ТМ и ТЕ волноводных мод одного порядка). Волноводы, обладающие двулучепреломлением, называются **анизотропными**.

Полярископ-поляриметр ПКС-250 М:

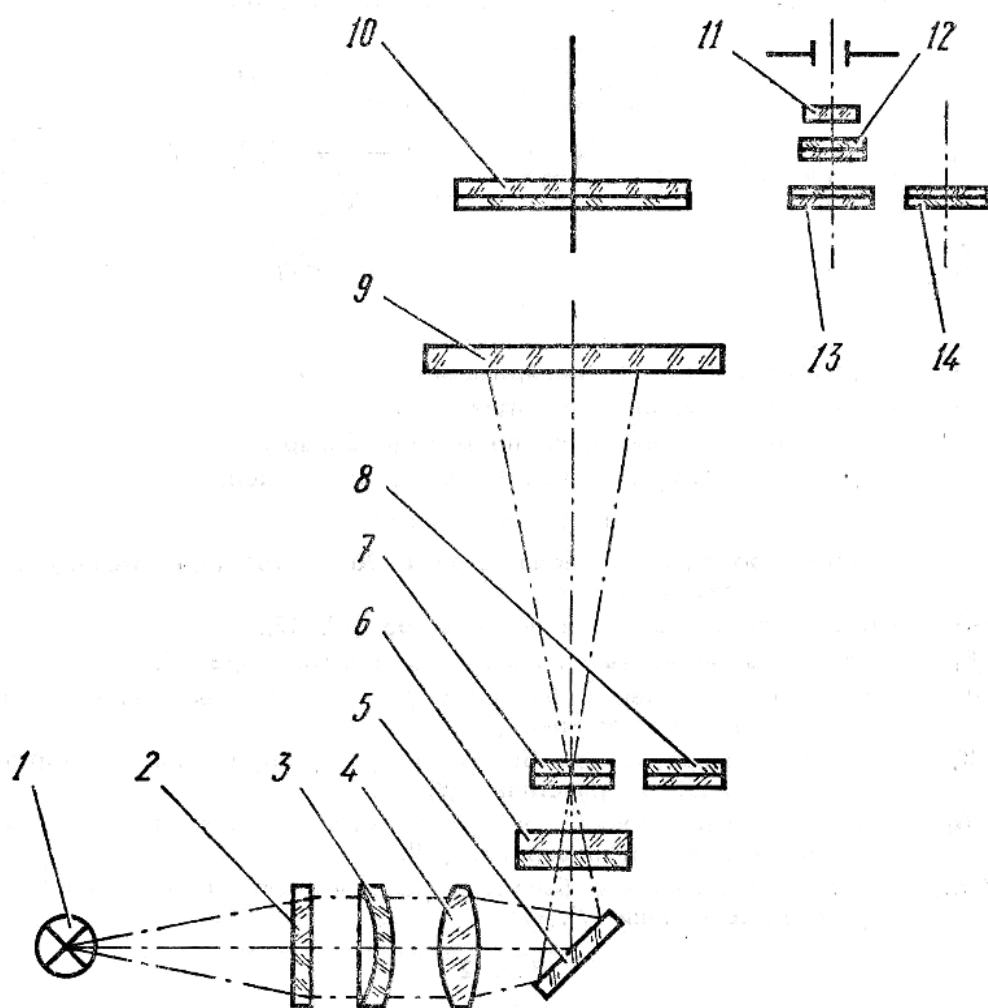
НАЗНАЧЕНИЕ

Полярископ-поляриметр типа ПКС-250М предназначен для установления наличия и определения двойного лучепреломления в плоских заготовках и изделиях из прозрачных и слабоокрашенных материалов:

- 1) приблизительная оценка распределения двойного лучепреломления в объекте по интерференционной окраске;
- 2) количественная оценка величины двойного лучепреломления методом Сенармона;
- 3) исследование распределения двойного лучепреломления в объекте в свете, поляризованном по кругу.

Работают с прибором в полутемном помещении при температуре окружающей среды от 10 до 35°C, относительной влажности не более 80% при температуре 25°C, атмосферном давлении 84—106 кПа (630 — 800 мм рт. ст.).

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ



- 1 — источник света; 2 — теплофильтр; 3, 4 — конденсор; 5 — зеркало;
6 — линейный поляризатор; 7 — одноволновая фазовая пластинка;
8 — четвертьволновая фазовая пластинка; 9 — матовое стекло;
10 — анализатор \varnothing 250 мм; 11 — светофильтр; 12 — анализатор;
13, 14 — четвертьволновые фазовые пластинки

Рис.2. Оптическая принципиальная схема ПКС-250М:

Принцип действия основан на явлении двойного лучепреломления в анизотропных средах (кристаллы, прозрачные материалы с внутренними напряжениями) при прохождении через них линейно-поляризованного света.

Излучение от источника 1 проходит через теплофильтр 2 (рис. 2), конденсорную систему 3, 4, линейный поляризатор 6, матовое стекло 9, с расположенным на нем исследуемым образцом и анализатор 10

После линейного поляризатора выходит линейно-поляризованное излучение, которое падает на образец. Если образец имеет анизотропию (оптические свойства образца различны для различных направлений излучения), то в образце наблюдается разложение одного пучка лучей на два (обыкновенный и необыкновенный). Такое раздвоение пучка лучей называется двойным лучепреломлением.

Вводимая испытываемым образцом разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами пропорциональна величине напряжения фотоупругой постоянной для данного материала и толщине и зависит от его формы.

Анализатор приводит колебания обыкновенного и необыкновенного лучей в одну плоскость, в результате чего происходит интерференция света. При использовании прибора как полярископа для качественной оценки распределения напряжений в образце в схему включается одноволновая фазовая пластинка 7, вводящая разность хода 572 нм.

Главное направление быстрого распространения пластинки составляет угол 45° с плоскостью поляризации линейного поляризатора. В этом случае в поле зрения прибора наблюдается чувствительная пурпурно-фиолетовая окраска. Незначительное изменение разности хода (на $12 \rightarrow 15$ км) в большую или меньшую сторону вызывает резкую смену красок в синюю или красную область соответственно.

При сложении или вычитании разностей фаз, вводимых одноволновой фазовой пластинкой и образцом, происходит изменение цвета, наблюдаемого в образце.

По интерференционной окраске из таблицы можно определить разность хода, вводимую образцом.

При исследовании образца в свете, поляризованном по кругу, в схему вместо одноволновой фазовой пластинки включаются четвертьволновые фазовые пластинки 8, 13.

Главные направления быстрого распространения пластинок составляют между собой угол 90 и 45° между плоскостью поляризации поляризатора и анализатора соответственно. В данном случае картина распределения напряжений в образце не зависит от ориентации образца относительно поляризационных элементов прибора.

Изменение величин разности хода, вводимой образцом, производится компенсатором Сенармона, состоящим из анализатора 12 и четвертьволновой фазовой пластинки 14.

Главное направление быстрого распространения фазовой пластинки совпадает с плоскостью поляризации анализатора.

Поляризационно-оптический метод измерения напряжения:

Суть метода заключается в измерении при помощи полярископа-поляриметра набега разности фаз излучения при его прохождении через подложку и определении величины интегральных напряжений в подложке:

$$\sigma = \frac{3,034 \cdot \theta \cdot H}{2 \cdot L \cdot B} \quad (1)$$

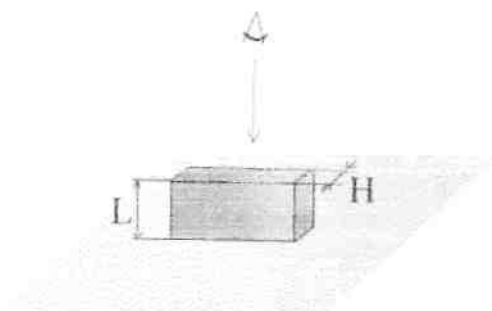
где H - толщина образца, L - длина образца, на которой регистрируется набег фазы, θ - измеряемый угол поворота анализатора, B оптический коэффициент напряжения.

ЗАДАНИЕ:

- 1) Используя прибор ПКС-250М как полярископ, приблизительно определить набег фазы и величину двулучепреломления в подложке анизотропного волновода по интерференционной окраске.
- 2) Используя прибор ПКС-250М как поляриметр, определить набег фазы и величину двулучепреломления в подложке анизотропного волновода методом Сенармона.
- 3) Вычислить величину интегральных напряжений Γ в ионообменном слое волновода.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1) В рабочее положение ввести анализатор диаметром 250 мм и одноволновую фазовую пластинку, установив ручку на столике прибора в положение «λ». Поместить исследуемый волновод на середину матового стекла так, чтобы плоскость волноводного слоя была перпендикулярна горизонтальной плоскости стола



2) Наблюдать через анализатор и вращать матовое стекло с исследуемым образцом до положения, соответствующего наибольшей разности хода. По наблюдаемому цвету найти разность хода Γ в нм пользуясь таблицей:

Таблица интерференционных цветов в исследуемом предмете в зависимости от разности хода

Цвет	Разность хода. Γ , нм
Желтый	325
Желто-зеленый	275
Зеленый	200
Голубовато-зеленый	145
Голубой	115
Пурпурно-фиолетовый	0
Красный	25
Оранжевый,	130
Светло-желтый	200
Желтый	260
Белый	310

3) Зная разность хода Γ и толщину исследуемого образца L в сантиметрах, определить $(n_1 - n_2)$ по формуле:

$$(n_1 - n_2) = \Gamma / L \quad (2)$$

4) При работе прибора в качестве поляриметра следует ввести измерительную головку (на схеме – анализатор 12) в рабочее положение. Установить ручку на столике прибора в положение «О». Установить диск переключения четвертьволновых фазовых пластинок в положение «С». Ввести в поле зрения зеленый светофильтр.

- 5) Поворотом анализатора измерительной головки поле зрения установить на темноту (на матовой поверхности) и произвести отсчет по шкале.
- 6) Матовое стекло с исследуемым образцом повернуть до максимального затемнения проверяемого участка образца. Затем матовое стекло с исследуемым образцом повернуть на 45°.
- 7) Поворотом анализатора, при данном положении образца, добиться максимального затемнения просветленных участков образца. Затем произвести отсчет по шкале анализатора измерительной головки.
- 8) Разница между отсчетом по шкале с введенным образцом и нулевым отсчетом дает угол θ поворота анализатора измерительной головки. Разность хода Γ в исследуемом образце определить по формуле:

$$\Gamma = 3 \times \theta \text{ нм} \quad (3)$$

Сравнить полученный результат с полученным в п.3.

- 9) По формуле (1) рассчитать величину интегральных напряжений в подложке волновода (величины H и L измерить штангенциркулем, значение B взять из справочника для соответствующей марки стекла).
- 10) Так как напряжения растяжения в подложке скомпенсированы напряжениями сжатия в двух ионообменных слоях, то величину интегральных напряжений в одном диффузионном слое следует определить как:

$$\sigma_{ИС} = \frac{\sigma}{2} \quad (4)$$

- 11) Составить отчет о проделанной работе, содержащий цель работы, теоретическую часть, описание проведения практической части и вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие методы создания волноводов вы знаете?
2. Принцип работы полярископа-поляриметра ПКС-250М?
3. Что такое поляризатор? Поляриод? Какие типы поляризаторов вы знаете?
4. В чем состоит суть метода определения напряжений, используемого в данной работе?

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бесцветные стекла // ТУ 21-РСФСР-14, Технические характеристики.
2. James P.F., Chen M., Jones F.R. Strengthening of soda-lime silica glass by sol-gel – and melt-derived coatings // Journal of Non-Crystalline Solids, 1993, v.155, №2, p.99-109.
3. Priller S., Frischat G.H., Pye L.D. Strengthening of glass through surface crystallization of w-spodumene s.s // Journal of Non-Crystalline Solids, 1996, v.196, p.144-149.