

## РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИПФ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ

Исходными данными при разработке ИПФ являются следующие требования:

- длины волн, соответствующие центрам полос пропускания:

$$\lambda_1 = 282,5 \text{ нм}; \lambda_2 = 287,5 \text{ нм}; \lambda_3 = 292,5 \text{ нм}; \lambda_4 = 297,5 \text{ нм};$$

- полуширина полос пропускания  $\delta\lambda \leq 2,5 \text{ нм}$ .

Для обеспечения указанных требований было предложено выполнить ИПФ в виде двух групп интерференционно-поляризационных ступеней: основной и дополнительной.

Основная группа содержит две ступени Лيو (рис.3.1). Толщина кристаллической пластины  $K_2$  рассчитывается таким образом, чтобы четыре интерференционных максимума соответствовали длинам волн  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  и  $\lambda_4$ .

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{\lambda_1} = 0,010513 \\ \mu_{\lambda_2} = 0,010450 \\ \mu_{\lambda_3} = 0,010382 \\ \mu_{\lambda_4} = 0,010300 \end{array} \right\} \text{ для } t = 18^\circ\text{C}; \quad \left. \begin{array}{l} \mu_{\lambda_1} = 0,01049 \\ \mu_{\lambda_2} = 0,01043 \\ \mu_{\lambda_3} = 0,01036 \\ \mu_{\lambda_4} = 0,01028 \end{array} \right\} \text{ для } t = 38^\circ\text{C}.$$

$$\frac{\partial\mu}{\partial\lambda} = -0,000014 \text{ нм}^{-1}; V_{\lambda_1} = 0,7262; V_{\lambda_2} = 0,7215; V_{\lambda_3} = 0,7167; V_{\lambda_4} = 0,7117.$$

Толщина кристаллической пластины  $K_2$  (рис.3.1) на длине волны  $\lambda_1$ :

$$(\ell_2)_{\lambda_1} = \frac{(0,2825)^2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7262}{0,005 \cdot 0,01049} = 1,1049 \text{ мм}.$$

Аналогично, для длин волн  $\lambda_2, \lambda_3$  и  $\lambda_4$ :

$$(\ell_2)_{\lambda_2} = 1,1435 \text{ мм}; (\ell_2)_{\lambda_3} = 1,1837 \text{ мм}; (\ell_2)_{\lambda_4} = 1,2255 \text{ мм}; (\ell_2)_{\text{ср}} = 1,164 \text{ мм}.$$

Соответственно  $\ell_1 = 0,582 \text{ мм}$ .

Ступень с пластиной  $\ell_2 = 1,164 \text{ мм}$  создаёт интерференционную картину, в которой положения максимумов соответствуют всем заданным длинам волн (рис.3.2а). Эта же ступень обеспечивает заданную ширину полосы пропускания фильтра. В начальном положении главные плоскости входного  $P_1$  и выходного  $P_2$  поляризаторов первой ступени параллельны и интерференционная картина имеет вид, представленный на рис.3.2б, т.е. два интерференционных максимума соответствуют заданным длинам волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_3$ . При повороте входного поляризатора на  $90^\circ$  максимумы и минимумы интерференционной картины меняются местами (рис.3.2г), т.е. теперь проходящее излучение соответствует длинам волн  $\lambda_2$  и  $\lambda_4$ . На рис.3.2в,д показано результирующее светопропускание основной группы ступеней при двух положениях входного поляризатора  $P_1$ .

В качестве фильтра предварительной монохроматизации используем одну ступень Шольца. Ступень Шольца должна удовлетворять следующим требованиям:

- максимум полосы пропускания  $\lambda_0 = 290 \text{ нм}$ ;
- ширина полосы пропускания (на уровне 0,5)  $\delta\lambda = 10 \text{ нм}$ ;
- область свободной дисперсии ступени  $\Delta\lambda = 100 \text{ нм}$ .

$$\mu_{\lambda_0} = 0,01042 \text{ при } t = 18^\circ\text{C}; \mu_{\lambda_0} = 0,01040 \text{ при } t = 38^\circ\text{C}; V_{\lambda_0} = 0,7192.$$

Толщина кристаллических пластин из кварца ступени Шольца, ориентированных по закону “треугольник” равна:

$$\ell = \frac{(0,290)^2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7192}{0,1 \cdot 0,01040} = 0,058 \text{ мм.}$$

Количество пластин в ступени Шольца равно:

$$m = \frac{1,45 \cdot (0,290)^2 \cdot 10^3 \cdot 0,7192}{0,01 \cdot 0,01040 \cdot 0,058} = 14,56.$$

Возьмём  $m = 14$ , тогда  $\ell = 0,060$  мм ( $\ell' = 1,060$  мм и  $\ell'' = 1,000$  мм).

Оптическая схема ИПФ (ИПФ-20), предназначенного для измерения УФ радиации, показана на рис.3.3. В таблице 3.1 приведены данные о деталях.

Таблица 3.1

Номер позиции детали	Обозначение детали	Наименование детали	Материал	Толщина, мм	Количество, шт
1	1-01-001	Пластина защитная	Стекло КУ-1	4	2
2	1-01-002	Светофильтр	Стекло ЖС-20	4	1
3	1-01-003	Светофильтр	Стекло УФС-2	4	1
4	1-01-004	Пластина опорная	Стекло КУ-1	4	2
5	1-01-005	Пластина технологическая	Стекло КУ-1	4	1
6	1-01-006	Пластина	Стекло КУ-1	2	6
7	1-01-007	Пластина	Кристаллический кварц	1,000	14
8	1-01-008	Пластина	Кристаллический кварц	1,060	14
9	3-01-001	Пластина	Кристаллический кварц	1,164	1
10	1-01-007	Пластина	Кристаллический кварц	1,000	1
11	3-01-002	Пластина	Кристаллический кварц	1,582	1
12	1-01-012	Призма	Исландский шпат	15	1
13	1-01-013	Призма	Исландский шпат	15	1

Значения угла  $\alpha$  для ИПФ-20 приведены в таблице 3.2.

Оптическая стопа (рис.3.3) состоит из трёх ступеней:

I – ступень Шольца с ориентацией кристаллических пластин по закону “треугольник” формирует рабочую полосу пропускания с полушириной (на уровне нулевого пропускания)  $\delta\lambda_l = 10$  нм с центром на длине волны  $\lambda_0 = 290$  нм. Область свободной дисперсии ступени  $\Delta\lambda_l = 100$  нм. Все нерабочие полосы пропускания срезает светофильтр УФС-2.

II- ступень Лио формирует рабочие полосы пропускания ИПФ с полушириной на нулевом уровне  $\delta\lambda_{II} = \delta\lambda_{\Phi} = 2,5$  нм с центрами на длинах волн  $\lambda_1 = 282,5$  нм;  $\lambda_2 = 287,5$  нм;  $\lambda_3 = 292,5$  нм и  $\lambda_4 = 297,5$  нм. Все нерабочие полосы пропускания срезает ступень I совместно со светофильтром УФС-2.

III – ступень Лио формирует рабочие полосы пропускания с полушириной на нулевом уровне  $\delta\lambda_{III} = 5$  нм с центрами полос  $\lambda_1 = 282,5$  нм и  $\lambda_3 = 292,5$  нм в 1-м выходном луче и  $\lambda_2 = 287,5$  нм и  $\lambda_4 = 297,5$  нм во втором выходном луче. Все нерабочие полосы пропускания срезает ступень I совместно со светофильтром УФС-2.

Таблица 3.2

Номер позиции детали	Величина угла $\alpha$						
6(1)	0°	7(7)	-50°37'	8(2)	4°13'	8(11)	75°56'
6(2)	0°	7(8)	-39°22'	8(3)	8°26'	8(12)	81°34'
6(3)	0°	7(9)	-29°32'	8(4)	14°4'	8(13)	85°47'
7(1)	-88°36'	7(10)	-21°6'	8(5)	21°6'	8(14)	88°36'
7(2)	-85°47'	7(11)	-14°4'	8(6)	29°32'	9	+(-)45°
7(3)	-81°34'	7(12)	-8°26'	8(7)	39°22'	10	-45°
7(4)	-75°56'	7(13)	-4°13'	8(8)	50°37'	11	45°
7(5)	-68°54'	7(14)	-1°24'	8(9)	60°28'	12	0°
7(6)	-60°28'	8(1)	1°24'	8(10)	68°54'	13	±90°

Целесообразность использования светофильтра ЖС-20 определяется в процессе испытаний ИПФ. 1-й и 2-й выходные лучи лежат в горизонтальной плоскости. Углы между входным и 1-м и 2-м выходными лучами равны соответственно 13°13' и 11°31'. Рабочая температура оптической стопы 38°C. Детали между опорными пластинами находятся на иммерсионном контакте.

Результаты расчётов на ЭВМ спектрального коэффициента пропускания ступеней Шольца и Лио ИПФ-20 приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Номер ступени	Длина волны главного максимума, нм				Ширина полосы пропускания (на уровне 0,5), нм	Ширина полосы пропускания (на уровне 0), нм
I	290,00				8,050	20,30
II	282,50	287,35	292,40	297,80	2,5	4,95
III	282,50 и 292,40				5,0	9,90
	287,35 и 297,80					

Толщины кристаллических пластин ИПФ-20, определённые в результате расчёта спектрального пропускания ступеней, приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Обозначение кристаллических пластин	Толщина кристаллических пластин, мм
1-01-008	0,05585
3-01-001	1,185
3-01-002	0,593

