

3. Е. Р. Мустель, В. Н. Парыгин. Методы модуляции и сканирования света. М., «Наука». 1970.
4. У. А. Шерклифер. Поляризованный свет. М., «Мир», 1965.
5. Yu. N. Dubnitschev, P. Ya. Belousov, A. A. Stolpovski. The application of an electro-optical frequency modulator with a rotating electric field in optical Doppler velocimeter.— "Opt. and Laser Technology", 1976, vol. 8, № 6.

Поступило в редакцию 29 октября 1976 г.

УДК 535.317

А. М. РЯБЧУН
(Новосибирск)

АХРОМАТИЗМ ОПТИЧЕСКОГО КЛИНА ИЗ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Известно, что основной недостаток голографических оптических элементов (ГОЭ)— сильная хроматическая аберрация. Для устранения этой аберрации можно сконструировать систему из нескольких ГОЭ, причем ее параметры выбрать так, чтобы хроматическая аберрация была наименьшей. Такой способ описывается, например, в работе*, где рассматриваются системы из ГОЭ типа «плоская линза». В нашем сообщении рассматриваются системы из ГОЭ типа «плоская призма». Плоская призма представляет собой прозрачный слой с пилообразно меняющимся в одном направлении коэффициентом преломления.

Далее будут использоваться следующие обозначения: $i=1-3$ — номера плоских призм по ходу светового луча; θ_i — угол поворота i -й плоской призмы (рис. 1); φ_i — угол между нормалью к i -й плоской призме и направлением, в котором распространяется световая волна, преломленная этой призмой (см. рис. 1); α_i — угол, характеризующий преломляющие свойства i -й плоской призмы; γ — угол, на который луч света отклонится от первоначального направления, пройдя через систему из плоских призм; $\mu = \lambda/\lambda_0$ — отношение длины волны света к основной длине волны.

Действия одной плоской призмы описываются следующей формулой (рис. 2):

$$\sin \gamma = \sin \alpha \cdot \mu + \sin \beta = \sin \alpha (\lambda/\lambda_0) + \sin \beta. \quad (1)$$

На рис. 3 штриховой линией изображена относительная дисперсия для одной плоской призмы в случае малых γ .

Для системы из двух плоских призм получается следующее выражение (см. рис. 1):

$$\gamma = \arcsin \{ \sin [\arcsin (\mu \sin \alpha_1 + \sin \theta_1) - \theta_1 + \theta_2] + \mu \sin \alpha_2 \} - \theta_2. \quad (2)$$

Если выбрать условие ахроматичности таким:

$$\gamma'(\lambda_0) = 0, \quad (3)$$

то для системы из двух плоских призм это приводит к уравнению

$$\sin \alpha_2 = \frac{\sin \alpha_1 (\sin \alpha_1 + \sin \theta_1) \sin (\theta_2 - \theta_1)}{\sqrt{1 - (\sin \alpha_1 + \sin \theta_1)^2}} - \cos (\theta_2 - \theta_1) \sin \alpha_1. \quad (4)$$

Подставляя выражение (4) в (2), получим

$$\gamma(\lambda_0) = \arcsin \left[\frac{\cos^2 \theta_1 - \sin \alpha_1 \sin \theta_1}{\sqrt{1 - (\sin \alpha_1 + \sin \theta_1)^2}} \sin (\theta_2 - \theta_1) + \sin \theta_1 \cos (\theta_2 - \theta_1) \right] - \theta_2. \quad (5)$$

При этом для параллельных плоских призм ($\theta_2 = \theta_1$) получается $\gamma = 0$.

Для примера были рассчитаны две системы (рис. 4, а, б):

$$а) \theta_1 = 0; \quad \theta_2 = 30^\circ; \quad \alpha_1 = 15^\circ; \quad \alpha_2 = -10^\circ 55';$$

$$б) \theta_1 = 0; \quad \theta_2 = 45^\circ; \quad \alpha_1 = 15^\circ; \quad \alpha_2 = -7^\circ 42'.$$

Для системы «а» $\gamma(\lambda_0) = 1^\circ 11'$, для «б» $\gamma(\lambda_0) = 2^\circ 03'$. Относительная дисперсия $\gamma(\lambda) - \gamma(\lambda_0) / \gamma(\lambda_0)$ для этих двух систем оказалась примерно одинаковой и изображена на рис. 3.

* Bennett S. I. Achromatic combinations of hologram optical elements.— "Appl. Opt.", 1976, vol. 15, № 2, p. 542.

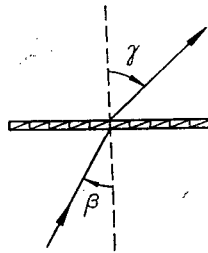
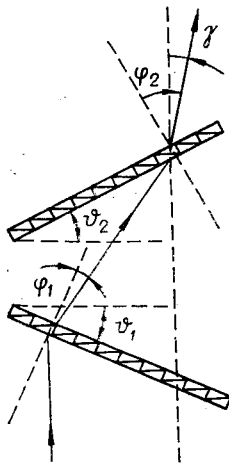


Рис. 2.

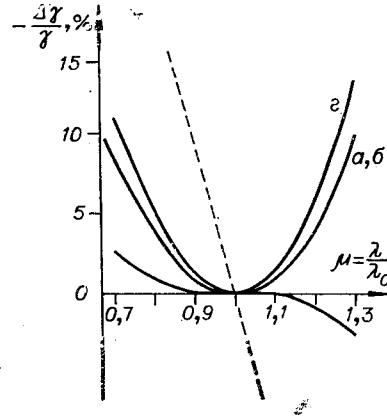


Рис. 3.

Углы отклонения малы потому, что в случае с ГОЭ знак дисперсии жестко связан с функцией оптического элемента. При вычитании дисперсий вычитаются и углы отклонения.

Рассматривались также системы из трех плоских призм. Уравнения для общего случая оказались слишком громоздкими. Поэтому рассматривались только системы, для которых $\theta_1=0$. Для системы (см. рис. 4, в) с целью дальнейшего уменьшения дисперсии было поставлено условие $\gamma'(\lambda_0)=0$ и $\gamma''(\lambda_0)=0$. При $\theta_1=0$ условие $\gamma'(\lambda_0)=0$ приводит к уравнению

$$\sin \alpha_3 = \frac{(\sin \theta_2 - \sin \varphi_2 \cos \alpha_1)}{\cos \alpha_1 \cos \varphi_2} \cos (\varphi_2 - \theta_2 + \theta_3), \quad (6)$$

а условие $\gamma''(\lambda_0)=0$ к уравнению

$$\sin (\theta_2 - \theta_3)(\sin \theta_2 - \sin \varphi_2 \cos \alpha_1)^2 = \frac{\cos (\varphi_2 - \theta_2 + \theta_3) \sin^2 \alpha_1 \sin \theta_2}{\cos \alpha_1}. \quad (7)$$

Для системы рис. 4, в получались следующие параметры: $\theta_1=0$; $\alpha_1=15^\circ$; $\theta_2=45^\circ$; $\alpha_2=-15^\circ$; $\theta_3=-54^\circ 50'$; $\alpha_3=4^\circ 10'$; $\gamma(\lambda_0)=21' 23''$. Видно, что уменьшение дисперсии (см. рис. 3) «обменивается» на дальнейшее уменьшение γ .

С целью получения большего угла γ была рассчитана система рис. 4, г. Ее параметры: $\theta_1=\theta_2=0$; $\theta_3=45^\circ$; $\alpha_1=\alpha_2=15^\circ$; $\alpha_3=-8^\circ 19'$; $\gamma(\lambda_0)=10^\circ 44'$. При расчете было

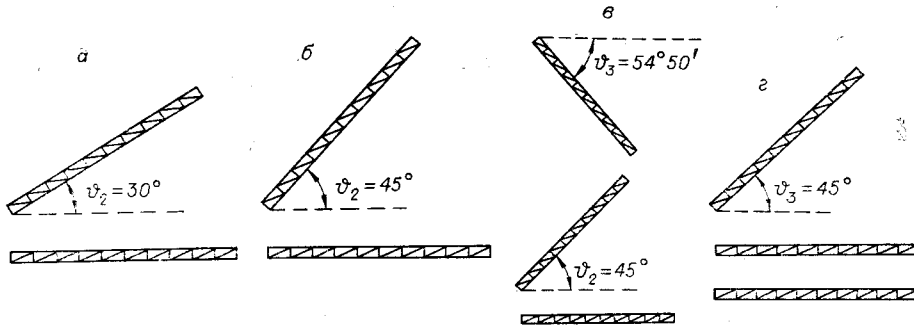


Рис. 4.

предложено только одно условие $\gamma'(\lambda_0)=0$. Относительная дисперсия системы рис. 4, г также получилась большей (см. рис. 3), чем в предыдущих системах. По-видимому, общая закономерность состоит в том, что, уменьшая дисперсию, мы уменьшаем γ и наоборот.

Поступило в редакцию 29 октября 1976 г.