

Монолитный интерферометр с точной пространственной фиксацией перестраиваемой интерференционной решётки

С.Л. Микерин, В.Д. Угожаев*

Институт автоматики и электрометрии СО РАН

* E-mail: vdu@iae.nsk.su

DOI:10.31868/RFL.2024.207-208

В докладе рассматривается формирование интерференционной решётки (ИР) с перестраиваемым периодом в беззеркальном (монолитном) двухлучевом интерферометре (МДИ), изучавшемся ранее [1, 2]. В настоящей работе найдены условия, при которых центр симметрии ИР неподвижен в процессе перестройки её периода по аналогии с трёхзеркальным интерферометром на основе светоделительного кубика (СДК) [3]. В отличие от такого прибора МДИ удобен при формировании относительно длиннопериодных решёток в силу своей компактности.

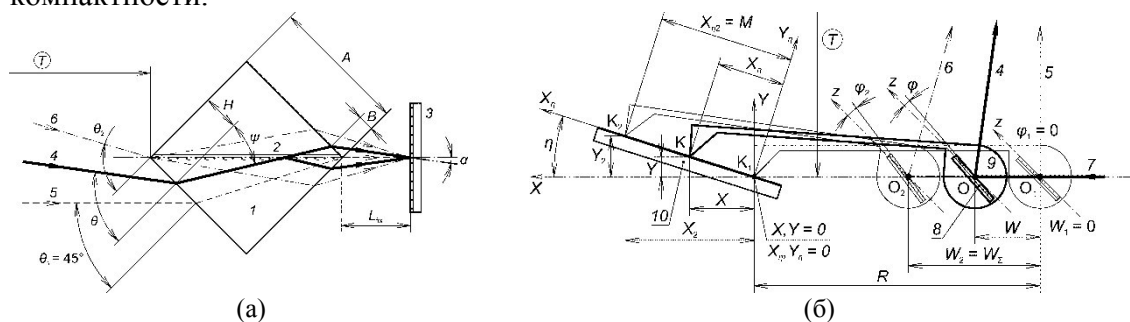


Рис.1. Оптическая и кинематическая схема МДИ: а) собственно интерферометр; б) рычажный механизм управления положением ИП (повёрнут на 90° против часовой стрелки относительно а). 1 — СДК; 2 — делительное зеркало; 3 — фоточувствительный объект; 4, 5 и 6 — ИП в текущем, нижнем и верхнем граничных положениях; 7 — коллимированный световой пучок; 8 — подвижное зеркало; 9 — рычаг; 10 — наклонная направляющая

На рис. 1а представлена оптическая схема интерференционной части МДИ, где показаны три характерные положения исходного пучка (ИП):

1) текущее положение 4, определяемое позицией H на входной поверхности СДК и углом падения θ . Парциальные пучки, образующиеся на делительном зеркале 2, сходятся под углом 2α , где $\alpha = \theta - 45^\circ$;

2) нижнее граничное положение 5, для которого в лучевом рассмотрении (диаметр пучка $D = 0$) угол падения $\theta_1 = 45^\circ$, соответственно $\alpha_1 = 0$;

3) верхнее граничное положение 6, когда ИП касается ребра СДК.

В процессе перестройки при движении ИП от нижнего граничного положения к верхнему парциальные пучки пересекаются на расстоянии $L = L_{\text{fix}}$ от ближнего края делительного зеркала, причём $L_{\text{fix}} = \text{const}$. Это условие выполняется, если

$$q = 1 - \text{tg} \psi - l_{\text{fix}} \sin \alpha / \cos \theta, \quad (1)$$

где $\text{tg} \psi = \sin \theta / \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}$, ψ — угол преломления в теле СДК, n — показатель преломления его материала. Формула (1) называется *точным* законом движения ИП по входной поверхности СДК. Линейные размеры в формулах выражены в единицах длины ребра A СДК: $q = Q/A$, $l_{\text{fix}} = L_{\text{fix}}/A$ и т.д.

На рис. 1б изображена схема рычажного механизма, посредством которого реализуется закон движения (1). Коллимированный световой пучок 7 направляется вдоль оси X (в координатной системе XY) перпендикулярно плоскости делительного зеркала 2 и, отражаясь от подвижного зеркала 8, падает на СДК как ИП 4. Ось X отстоит от ближнего края входной поверхности на расстоянии T . Подвижное зеркало закреплено на оси O рычага 9, опирающегося своим плечом длиной R на наклонную направляющую 10. Перемещение W оси рычага вдоль пучка 7 от начального положения $O_1 (W_1)$ к конечному $O_2 (W_2)$:

$$w = t \operatorname{tg} \alpha - \left[q(1 - \operatorname{tg} \alpha) + 1 / \sqrt{2n^2 - 1} - 1 \right] / \sqrt{2} \quad (2)$$

сопровождается скольжением контактного края K плеча рычага (координатная система $X_\eta Y_\eta$) в интервале его крайних положений $K_1 - K_2 (X_{\eta 1} - X_{\eta 2})$. Такое скольжение приводит к повороту подвижного зеркала на угол $\varphi = \alpha/2$, обеспечивая таким образом согласованное линейное и угловое перемещения ИП по входной поверхности СДК. Закон движения (1), входящий в (2) через переменную q , реализуется, если координаты X, Y контактной точки K рычага выражаются формулами:

$$x = w - r[1 - \cos(\alpha/2)], \quad y = r \sin(\alpha/2). \quad (3)$$

Соответствующие координаты X_η, Y_η точки K :

$$x_\eta = x \cos \eta + y \sin \eta, \quad y_\eta = -x \sin \eta + y \cos \eta \quad (4)$$

получаются из координат (3) поворотом координатной системы XY на угол η :

$$\eta = \operatorname{arctg} \left\{ (r \sin \alpha_2 / 2) / [w_2 - r(1 - \cos \alpha_2 / 2)] \right\} \quad (5)$$

таким образом, чтобы новая ось X_η проходила через крайние положения K_1, K_2 контактного края рычага. Расстояние W_2 , входящее в (5), находится из (2):

$$w_2 = t \operatorname{tg} \alpha_2 + \left(1 - 1 / \sqrt{2n^2 - 1} \right) / \sqrt{2}.$$

Координата Y_η представляет собой отклонение контактной точки K от прямой линии длиной M , соединяющей крайние точки K_1, K_2 , и задаёт *профиль* контактной поверхности на наклонной направляющей. Функциональная зависимость $Y_\eta(X_\eta)$ этого профиля для конкретной конфигурации МДИ показана на рис. 2.

Реализация в МДИ такого простейшего механизма согласования линейного и углового перемещений ИП по входной поверхности СДК может обеспечить предельно высокий контраст ИР во всём диапазоне перестройки угла схождения парциальных пучков на фоточувствительном объекте для пучков *любого* диаметра — от 0 до размера, при котором пучком полностью заполняется рабочая ширина входной поверхности.

Литература

- [1] С.Л. Микерин, В.Д. Угожаев, *Оптика и спектроскопия* **111**, 1019–1025 (2011)
- [2] В.Д. Угожаев, *Автометрия* **56**, № 1, 109–123 (2020)
- [3] С.Л. Микерин, В.Д. Угожаев, *Оптический журнал* **90**, № 4, 92–104 (2023)

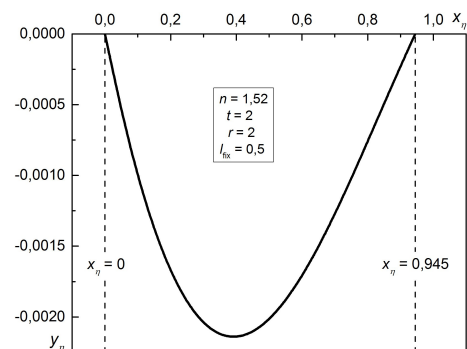


Рис. 2. Профиль наклонной направляющей, обеспечивающий постоянство длины схождения $L = L_{\text{fix}}$.