

Двухлучевой интерферометр на основе кварцевого светоделительного блока с неподвижным фотоприемником и имитацией вращательной перестройки

С.Л. Микерин, В.Д. Угожаев*

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН

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

DOI: 10.31868/RFL2020.207-208

Двухлучевые интерферометры с возможностью варьирования периода записываемых дифракционных решеток широко востребованы в различных областях голографии и фотоники, например, для исследования свойств фотополимерных материалов и записываемых в них голограмм [1], для записи в оптических волокнах массивов распределенных брэгговских решеток (ВБР) в качестве датчиков физического состояния волокна [2] и для других применений. В [3] описан интерферометр на основе светоделительного кубика (СДК) с двумя зеркалами и фотоприемником (ФП), неподвижными относительно СДК, в котором стабилизация положения интерференционной картины (ИК) при варьировании угла схождения парциальных световых пучков (ПП) обеспечивается взаимно согласованными линейным и угловым перемещениями подвижного зеркала (ПЗ), направляющего световой пучок в СДК. Такие интерферометры удается объединять в системы для записи двумерных решеток с независимой установкой периода в каждом измерении [4]. Однако для записи протяжённых ВРБ (10–15 мм) более подходящим представляется интерферометр на основе светоделительного блока (СДБ) [5], поскольку в нем длина хода световых пучков в материале СДБ более чем в 3 раза короче по сравнению с СДК соответствующих габаритов. Целью данного доклада является анализ перестройки периода в интерферометре на основе СДБ из кварцевого стекла при стабилизации положения ИК, обеспечиваемой согласованием линейного и углового перемещений ИП на входе в СДБ посредством механизма имитации вращения [3].

На рис. 1 представлена оптическая схема исследованного интерферометра, ход световых пучков отображается их осями. Интерферометр, включающий в себя СДБ 1 и два зеркала 3.1 и 3.2, оптически связан с ФП 4, который удален от торца C_2C_3 на расстояние L_{ph} . СДБ представляет собой две плотно состыкованные рабочими поверхностями идентичные пластины из кварцевого стекла длиной M и толщиной $A \approx 0,15M$ с делятельным зеркалом (ДЗ) 2 между ними. Зеркала установлены симметрично к плоскости ДЗ на расстоянии H друг от друга под углом ξ (на рис. 1 $\xi > 0$).

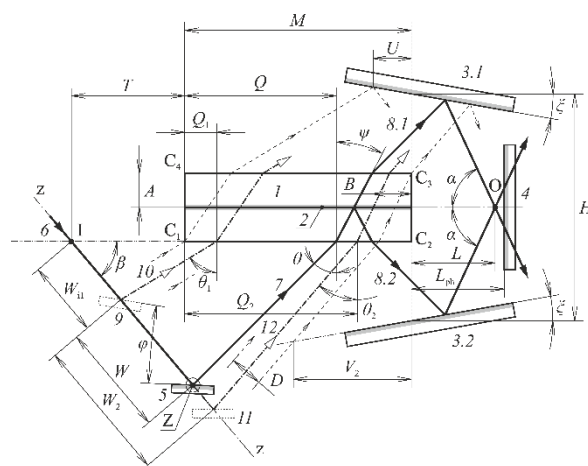


Рис. 1. Оптическая схема интерферометра

Исходный световой пучок (ИП) 7 диаметром D направляется на входную поверхность C_1C_2 на расстоянии Q от края C_1 под углом падения θ посредством ПЗ 5 и

далее расщепляется ДЗ на два ПП 8.1 и 8.2. После отражения от зеркал оси этих пучков пересекаются в точке О под углом схождения 2α на расстоянии $L \approx L_{ph}$ от торца C_2C_3 : $\alpha = 90^\circ + 2\xi - \theta$.

Текущее положение ПЗ задается координатами W и φ . Перемещение ПЗ выполняется вдоль входного пучка 6 от начального положения 9 ($W_1 = 0$, $\varphi_1 = 0$) до конечного положения 11 (W_2 , φ_2), соответствующие нижнему 10 (Q_1 , θ_1) и верхнему 12 (Q_2 , θ_2) граничным положениям ИП. Последние обусловлены касанием ИП края C_1 и касанием ПП краев C_2, C_3 . В свою очередь пары координат ИП (Q_1 , θ_1) и (Q_2 , θ_2) удовлетворяют условию $L \approx L_{fix} = const$, поддерживаемому во всем промежутке между ними. Такое движение ИП определяется формулой:

$$Q = M - 2A \operatorname{tg} \psi - [H \sin(\theta - \xi) \cos \xi - A \sin \theta - L_{fix} \cos(\theta - 2\xi)] / \cos \theta, \quad (1)$$

где $\operatorname{tg} \psi = \sin \theta / \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}$, n — показатель преломления материала СДБ. Граничные положения находятся численно по упомянутым выше условиям касания: $Q_1 = D / (\cos \theta_1)$, $Q_2 = M - 2A \operatorname{tg} \psi_2 - D / (\cos \theta_2)$ и задают соответствующие граничные значения угла α : α_1 и α_2 , а также ширину диапазона перестройки этого угла: $\Delta \alpha = \alpha_2 - \alpha_1$. Зависимость $Q(\theta)$, полученная из (1), близка к линейной для широкого набора сочетаний параметров H и L_{fix} , что открывает возможность использовать в качестве механизма согласования линейного и углового перемещений ПЗ рычажный механизм в [3]. Анализ зависимости $Q(\theta)$ производился с учетом виньетирования рабочими поверхностями СДБ (параметр G) и/или зеркалом со стороны входной поверхности (параметры U , V и V_2). Параметры G и V для текущего положения ИП определяются аналогично параметрам U и V_2 (см. рис. 1). Это ограничение возможно в случае $H \approx M$ и $L_{fix} < M$ при $\xi < 0$.

На рис. 2 показано разграничение массива параметров $h = H/M$ и $l_{fix} = L_{fix}/M$ по критерию наличия или отсутствия виньетирования в исследуемом интерферометре при $\xi = -15^\circ$. Выше кривой 1 располагается зона массива, свободная от виньетирования; ниже кривой 2 световые пучки перекрываются частично или полностью во всем диапазоне перестройки, ограничиваемом условиями касания. Между кривыми 1 и 2 — диапазоны перестройки частично ограничены виньетированием. Кривые 3 и 4 являются экстраполяцией соответствующих кривых 1 и 2 на края исследованного массива; 5 — $h = 1,175$; 6 — $l_{fix} = 0,24$. Например, для записи ВБР с $\lambda_B = 1 \dots 2$ мкм в кварцевом волокне с $n = 1,5$ возможна практическая реализация интерферометра, характеризуемого парами параметров $(h; l_{fix})$: (1,0; 1,25), (1,0; 1,75), (1,25; 2,5). Механизм имитации вращения анализируется аналогично [3].

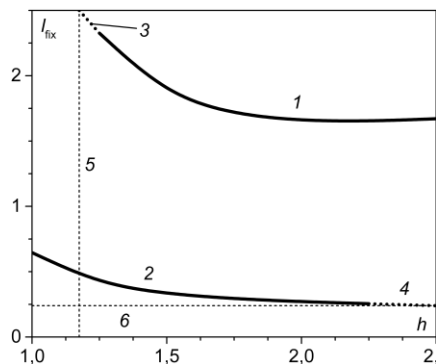


Рис. 2. Зоны виньетирования

Литература

- [1] В.В. Шелковников, Е.В. Васильев и др., *Оптика и спектроскопия* 99, 806–815 (2005)
- [2] J. Habel, T. Voilard, Y. Messadeq, F. Trépanier, M. Bernier, *Advanced Photonics Congress (BGPP, IPR, NP, Networks, NOMA, Sensors, SOF, SPPCom) OSA, BM3A.4* (2010)
- [3] С.Л. Микерин, В.Д. Угожаев, *Прикладная фотоника* 5, № 3, 218–237 (2018)
- [4] С.Л. Микерин, В.Д. Угожаев, *Международ. науч. конференция «СибОптика-2018»: Сб. Трудов в 2-х т.* — Н-сиб.: СГУГиТ, Т. 1, 101–107 (2018)
- [5] В.Д. Угожаев, *Автометрия* 54, № 4, 67–77 (2018)