

Интерферометр и оценка ожидаемого эффекта

Эксперименты проводятся на двухлучевом интерферометре, основным элементом которого является вращающийся оптический диск, через который распространяется свет в противоположных направлениях (рис. 1). Кольцевая схема интерферометра с ОД, обладает высокой стабильностью и помехозащищенностью.

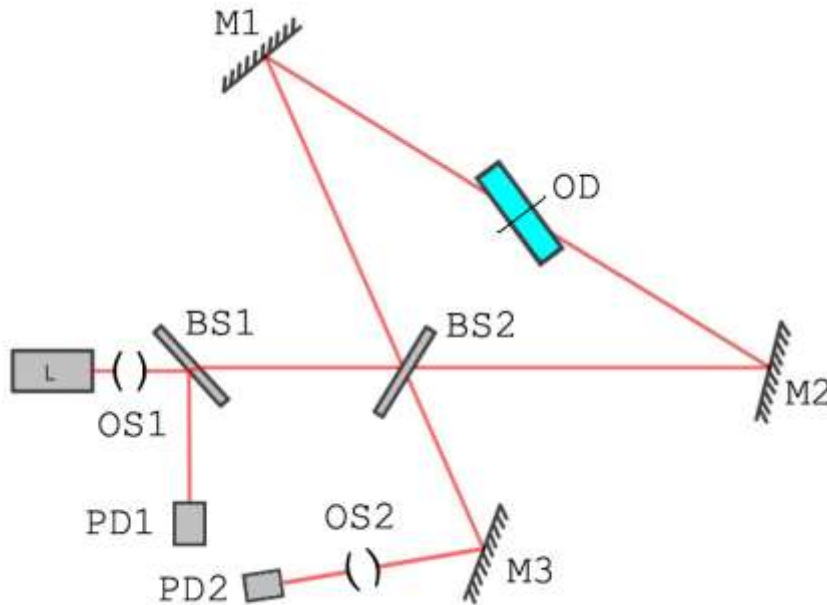


Рис. 1. В интерферометре луч от лазера L делится светоделителем $BS2$ на два луча, которые распространяются через вращающийся ОД в противоположных направлениях. Вследствие вращения ОД, один из лучей получает положительный сдвиг фазы, другой – отрицательный.

В интерферометре луч от стабилизированного лазера L проходит оптическую систему $OS1$, делится светоделительной пластинкой $BS2$ на два

луча, которые, отразившись от зеркал $M1$ и $M2$, распространяются через вращающийся ОД в противоположных направлениях. Вследствие вращения, один из лучей получает положительный сдвиг фазы, другой – отрицательный (рис.1). После того, как лучи снова встретятся на $BS2$ и отразятся зеркалом $M3$, они проходят оптическую систему $OS2$ и регистрируются фотодетектором $PD2$. Светоделительная пластинка $BS1$ и фотодетектор $PD1$ нужны для контроля мощности лазера.

Используется гелий-неоновый лазер с вертикальной поляризацией на длине волны $\lambda = 0,632991$ мкм. Оптический диск имеет диаметр $D = 62$ мм, длина пути одного луча в среде в проекции на плоскую поверхность диска $l = 41$ мм, показатель преломления стекла $n = 1,7125$, толщина $d = 10$ мм, угол падения луча на плоскую поверхность диска $\vartheta_0 = 60^\circ$. Частота вращения диска V в разных экспериментах изменяется в пределах 250...350 Гц.

Для данных параметров интерферометра можно оценить смещение интерференционных полос вследствие продольного эффекта Физо

$$\Delta_0 \approx \frac{2l}{\lambda} \frac{\beta'_{2n}(n^2 - 1)}{(1 + \beta)}, \quad \beta'_{2n} = V_{2n} / c = 2\pi vr / c. \quad (6)$$

Результирующее смещение полос с учетом поперечного увлечения света (см. предыдущий параграф)

$$\Delta_{\Sigma}^{\pm} = (1 \pm \rho) \Delta_0. \quad (7)$$

Вариации в положении ИК при повороте интерферометра равны

$$\delta_0^{\pm} = 2\beta \Delta_{\Sigma}^{\pm}. \quad (8)$$

Сделаем оценку для $r = 20,5$ мм и $\beta = 0,0023$.

Если поперечный эффект увлечения света дает дополнительный вклад в смещение ИК, то результирующий сдвиг равен $\Delta_{\Sigma}^+ = 0,031...0,043$ полосы. Ожидаемая величина вариации в положении ИК при повороте интерферометра равна

$$\delta_0^+ \approx (7,13...9,89) \times 10^{-5}.$$

Если поперечный эффект увлечения света дает смещение ИК противоположного знака (по сравнению с продольным эффектом увлечения), то результирующий сдвиг равен $\Delta_{\Sigma}^{-} = 0,017 - 0,024$ полосы. Ожидаемая величина вариации в положении ИК при повороте интерферометра равна

$$\delta_0^{-} \approx (4,01...5,56) \times 10^{-5}$$

Знак определяется схемой интерферометра. Для выбранной схемы интерферометра продольный и поперечный эффекты увлечения имеют разные направления, поэтому необходимо использовать δ_0^{-} .

Интерферометр сконструирован на двух оптических платформах с пассивной системой вибростабилизации. На одной из платформ находится электродвигатель с ОД, на другой – остальная часть интерферометра. Обе платформы располагаются на вращающемся основании. Для определения возможной зависимости сигнала от пространственной ориентации интерферометра положение интерференционной картины измеряется при повороте интерферометра на 360 градусов в прямом и обратном направлениях. Поворот осуществлялся шаговым двигателем.

Интерферометр был помещен в кожух с активной системой термостабилизации. Точность поддержания температуры равнялась $0,1^{\circ}\text{C}$. Угол поворота регистрировался фотоэлектронной системой и затем проходил обработку на ПК. Точность угловой привязки была не ниже $0,2^{\circ}$.

Свет переотражается на плоских поверхностях оптического диска. Интерференционное отражающее покрытие плоских зеркальных поверхностей диска рассчитано на длину волны лазера.

Смещение интерференционной картины определяется по изменению времени следования интерференционных полос по апертуре фотодетектора. Метод измерений описан в работах [1]- [3]. Так как в течение всех измерений интерферометр настроен в одной и той же рабочей точке фазовой кривой смещение интерференционной картины пропорционально времени следования полос в первом приближении.

Первичное преобразование сигналов осуществлялось аналого-цифровыми преобразователями National Instruments PCI-6024 при входном разрешении 12 разрядов и PCI-6132, имеющем частоту оцифровки сигнала 2,5МГц при входном разрешении 14 разрядов на канал. На входы АЦП поступали сигналы от измерительного фотодетектора, фотодетектора для контроля мощности излучения лазера и термодатчиков, измеряющих температуру внутри и снаружи интерферометра. Цифровая последовательность сигналов поступала в персональный компьютер и проходила дальнейшую обработку в среде LabVIEW.

Перед началом измерений интерферометр юстировался таким образом, чтобы за один оборот ОД по апертуре ФД проходили в горизонтальном направлении одна, две или три интерференционные полосы: в первую половину периода в одном направлении, во вторую – в другом. Измеряемой величиной являлся Δt_{γ} - интервал времени между моментами прохождения выбранной интерференционной полосой апертуры ФД. Так как эта величина прямо зависит от периода вращения ОД, ее нормировали на период T .

В случае существования пространственно-временной оптической анизотропии должны наблюдаться вариации в положении интерференционной картины при повороте интерферометра в пространстве. Эти вариации могут быть выделены из временного сигнала следования интерференционных полос по апертуре фотодетектора.

Литература

- [1]. Гладышев В.О., Гладышева Т.М., Зубарев В.Е. Регистрация эффекта увлечения света в дисковом оптическом интерферометре // Письма в ЖТФ. –2002. -№3. –С.88-94.
- [2]. Gladyshev V.O., Gladysheva T.M., Zubarev V.Ye. The first results of the experiment on registering light dragging observed in an interferometer with rotating medium //Proceedings British Soc. Phil. Science "Phys. Interpr. Relativity Theory". Imperial College. London. 2002, p.169-175.
- [3]. Gladyshev V., Gladysheva T., Zubarev V. Propagation of electromagnetic waves in complex motion media//Journal of Engineering Mathematics. 2006. V.55. No.1-4, pp.239-254